



通识教育课教材

自然科学概论

廖元锡 毕和平 主编

自然科学概论

主 编 廖元锡 毕和平
副主编 刘晓慈 赵志忠 杜道林

华中师范大学出版社

内 容 简 介

本书是根据现代社会发展和高等教育改革的需要,为文科类大学生进一步学习自然科学知识和培养科学素养而编写的教材。书中用简洁、通俗的语言,系统、完整地展现了天文学、物理学、化学、生命科学等基础学科的基本理论、基本思想方法、基本应用、前沿研究成果和现代高新技术等方面的主要内容。

本书可作为高等院校通识课教材,也可作为中小学教师和科技工作者的参考资料。

新出图证(鄂)字 10 号

图书在版编目(CIP)数据

自然科学概论/廖元锡 毕和平 主编。

—武汉:华中师范大学出版社,2009.6

ISBN 978-7-5622-3941-3

I. 自… II. ①廖… ②毕… III. 自然科学—概论 IV. N

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 069462 号

自然科学概论

主 编:廖元锡 毕和平◎

选题策划:华中师范大学出版社第二编辑室 电话:027-67867362

出版发行:华中师范大学出版社

社 址:湖北省武汉市珞喻路 152 号 邮编:430079

发行部电话:027-67863426 67863040 67867371 67861549 67867076

邮购电话:027-67861321 传真:027-67863291

网址:<http://www.ccnp.com.cn> 电子信箱:hscbs@public.wh.hb.cn

印刷者:华中理工大学印刷厂

督 印:章光琼

责任编辑:顾晓辉

责任校对:罗 艺

封面设计:甘 英

开本/规格:787mm×1092mm 1/16 印 张:13.5

字 数:340千字

版次/印次:2009年6月第1版 2009年6月第1次印刷

印 数:1—2500

定 价:23.00元

欢迎上网查询、购书

敬告读者:欢迎举报盗版,请打举报电话 027-67861321。

序 言

大学的主要功能是培养专业人才，专业人才的素养除表现在专业知识、专业能力之外，还包含思想道德素养、科学文化素养、心理和身体素质。培养有素养的专业人才，促进人的全面发展必然要求人文教育与科学教育的融合、人文文化和科学文化的融合、人文精神与科学精神的融合。科学与人文交融而成一体的绿色生态教育是现代教育的要求。

20 世纪 50 年代，“科学素养”才作为一个词汇出现在日常和学术交流中。1952 年科南特（Conant）首次用到“科学素养”的概念；1958 年鲍尔赫德（Paul Hurd）在《科学素养：它对美国学校的意义》一文中，首次提出将提高科学素养作为科学教育的目标。20 世纪 60 年代，科学教育工作者对科学素养的概念进行了广泛的探讨，提出了有关科学素养的许多定义和解释。一般认为，派拉（Pella）等人的工作代表了有关科学素养研究的最早努力。派拉和他的同事仔细而系统地挑选了从 1946 年到 1964 年之间出版的 100 种报刊文章，从这些文章中检查各种和科学素养有关的主题的出现频率。他们认为，一个具有科学素养的人应了解以下这些主题的知识：（1）科学和社会的相互关系；（2）知道科学家工作的伦理原则；（3）科学的本质；（4）科学和技术之间的差异；（5）基本的科学概念；（6）科学和人类的关系。其中，前三个方面的内容尤其重要。1974 年，美国俄亥俄州立大学的索尔特（Showalter）等人对科学素养的概念进行了又一次综合概括。根据调查研究和文献分析，他们提出科学素养应包括 7 个“维度”：（1）科学的本质；（2）科学中的概念；（3）科学过程；（4）科学的价值；（5）科学和社会；（6）对科学的兴趣；（7）与科学有关的技能。现今关于科学素养的评价，采用的是国际科学素养发展中心主任米勒（Miller）在 1983 年提出的三维模式，即：（1）关于科学概念的理解；（2）关于科学过程和科学方法的认识；（3）关于科学、技术和社会的相互关系的认识。

当前，在人文学科进行科学教育的主要方式是课程设置，具体体现在三个层面：一是宏观层面，开设科学领域的综合课程；二是中观层面，科学课程与人文课程以及跨学科课程的交叉编排；三是微观层面，即立足于专业教学进行科学与人文的融合，充分发掘科学教育的人文价值和人文教育中的科学价值。关于科学课程与人文课程以及跨学科课程的交叉编排，世界各国大致上采用以下三种模式：（1）以日本筑波大学为代表的筑波模式。筑波模式以学群、学类为组织进行综合知识的教学。如基础科学学群，下设人文科学、社会科学和自然科学。筑波模式的教学通常由校内各院系合作完成，甚至还可以进行校际合作。（2）以美国麻省理工学院为代表的 MIT 模式。MIT 模式为了消除狭隘专业训练带来的弊端，要求学生必须跨学科选课学习。MIT 开设了丰富多彩的自然科学、人文、艺术和社会的必修课，本科生必须修满不少于八门这类必修课。作为一所理工科院校，MIT 的人文、社会和艺术课程特别关注科学技术与社会的关系问题。（3）以英国牛津大学为代表的牛津模式。牛津模式将两种以上科目结合在一个课程中形成复合型课程，如：双科课程“工程科学和经济学”、“哲学和数学”，三科课程“冶金学、经济学和管理学”等。

海南师范大学为了实现“基础实、能力强、素养高”的人才培养目标，致力于人才培养

模式的改革和课程结构的优化,从形成学生合理的知识、能力和素质结构出发构建课程体系。本科培养方案中的全部课程由人文社会科学、自然科学等6个~7个普通教育课程模块、专业基础和专业方向等3个~4个模块组合而成,加强科学文化共同基础,拓宽专业基础,打通相邻和相近专业的学科基础平台,体现学科间的交叉渗透与融合。《自然科学概论》正是为了实现以上设想,结合我校学生实际而编写的。

海南师范大学校长、博士生导师韩长日教授非常关心本书的编写工作,为本书设计了框架结构和主要内容,副校长张诚一教授对本书给予了大力支持,提出了许多宝贵意见,琼台高等师范专科学校副校长舒火明教授为本书的前期组织做了大量工作。参加本书编写的人员是学校的专家学者。“第一章绪论”由廖元锡、文幛中编写;“第二章宇宙世界——天文学”和“第三章物质世界的统一性——物理学”由刘晓慈编写;“第四章物质的科学——化学”由毕和平编写;“第五章人类赖以生存的环境——环境科学”由赵志忠编写;“第六章地球上的生命——生命科学”和“第七章当代高技术”由杜道林编写。陈立华、杨丕博、孙正范、傅军、张福恒、孙定清、王锐萍等对本书的内容进行了认真审阅,廖元锡教授负责本书统稿,韩长日校长审定了部分书稿。

本书编写过程得到了海南师范大学教务处和化学与化工学院、华中师范大学出版社的大力支持,在此深表感谢。书中疏漏在所难免,敬请读者指正。

编 者

2009年1月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 什么是自然科学	(1)
第二节 自然科学的发展	(7)
第二章 宇宙世界——天文学	(15)
第一节 早期天文学	(15)
第二节 太阳系	(21)
第三节 恒星	(29)
第四节 星系和宇宙	(32)
第三章 物质世界的统一性——物理学	(37)
第一节 物质间的相互作用	(38)
第二节 三大守恒定律	(42)
第三节 物质	(47)
第四节 场	(57)
第五节 宏观系统的统计规律	(62)
第六节 物理学中的相对性原理	(70)
第四章 物质的科学——化学	(77)
第一节 化学中的基本原理和遵循的规律	(77)
第二节 化学的发展	(79)
第三节 原子结构	(85)
第四节 化学学科的主要理论体系	(88)
第五节 化学学科的分支	(95)
第六节 化学的一些重要应用领域	(98)
第七节 化学学科的发展趋势	(109)
第五章 人类赖以生存的环境——环境科学	(112)
第一节 环境和环境问题	(112)
第二节 环境科学及其学科构成	(114)
第三节 地球各圈层的主要环境问题	(118)
第四节 环境影响与环境评价	(125)
第五节 人口、资源、环境与可持续发展	(127)
第六章 地球上的生命——生命科学	(132)
第一节 生命的结构	(132)
第二节 生命的本质	(150)
第三节 生命的起源与演化	(161)
第四节 生命科学的热点及展望	(169)

第七章 当代高技术	(174)
第一节 信息技术.....	(175)
第二节 生物工程.....	(181)
第三节 新材料技术.....	(185)
第四节 新能源技术.....	(189)
第五节 海洋技术.....	(193)
第六节 空间技术.....	(197)
第七节 先进制造技术.....	(202)
参考文献	(208)

第一章 绪 论

第一节 什么是自然科学

一、科学

1. 科学一词之起源

“科学”(science)一词,源于拉丁文的 scio,后来又演变为 scientia,最后成了今天的写法,其本意是“知识”、“学问”。古希腊哲学家柏拉图在《理想国》中曾提到“科学”一词,亚里士多德在他的《形而上学》中也用到“科学”的说法。

中国古代曾用“格致”一词指称科学研究,“格致”起初出于《大学》一书,其意为格物致知。明末出版的《空际格致》一书中“空际”相当于自然二字,“格致”就相当于格物致知,以格物而得的知识是科学。明末清初,来华的欧洲耶稣会传教士熊明遇的《格致草》、汤若望的《坤輿格致》等书的名称就使用了“格致”一词,在鸦片战争以后,依旧沿用这一称谓。中日甲午战争以前出版的许多科学书籍多冠以“格致”或“格物”之名。

日本在 1832 年出版的有关解剖学的书里就用到解剖学是医学的“一科学”的说法,其著名科学启蒙大师福泽瑜吉把英语的 science 译为“科学”。19 世纪末到 20 世纪初,“科学”一词从日本传入中国。1880 年梁启超在《变法通议》一文首次用到“科学”一词,康有为在《日本书目志》中列举了《科学入门》、《科学之原理》等书目,1898 年在《戊戌奏稿》一文里也用了“科学”一词,严复在翻译《天演论》等科学著作时,也用“科学”二字。后来陈独秀编《新青年》,曾用“赛先生”代表“科学”一词,不久“科学”在中文里就代替“格致”被广泛的运用。

2. 科学之定义

我国 1979 年版《辞海》定义科学“是关于自然界、社会和思维的知识体系,它是适应人们生产斗争和阶级斗争的需要而产生和发展的,它是人们实践经验的结晶”。1999 年版《辞海》定义科学是“运用范畴、定理、定律等思维形式反映现实世界各种现象的本质的规律的知识体系、社会意识形态之一。按研究对象的不同,可分为自然科学、社会科学和思维科学,以及总括和贯穿于三个领域的哲学和数学。按与实践的不同联系,可分为理论科学、技术科学、应用科学等。科学来源于社会实践,服务于社会实践。它是一种在历史上起推动作用的革命力量。在现代,科学技术是第一生产力,科学的发展和作用受社会条件的制约。现代科学正沿着学科高度分化和高度结合的整体方向蓬勃发展”。法国《百科全书》认为“科学首先不同于常识,科学通过分类,以寻求事物之中的条理。此外,科学通过揭示支配事物的规律,以求说明事物”。苏联时期的《大百科全书》对科学的界定是“科学是人类活动的一个范畴,它的职能是总结关于客观世界的知识,并使之系统化。‘科学’这个概念本身不仅包括获得新知识的活动,而且还包括这个活动的结果”。科学是人类对客观世界的认

识过程（活动），是关于客观事物的结构、性质、运动及变化规律的知识体系和思想方法体系，是人类智慧的结晶。科学一方面有着自身内在的逻辑进程，另一方面科学知识的生长，逻辑体系的形成又都是在人的思想动机下发生，在人的价值观念中发展，科学并非与价值无涉的。科学的价值体现在物化和文化两个彼此相连的层面上，科学的物化价值是以技术为桥梁能为人类创造物质财富，科学的文化价值除科学知识以外，它的可靠和有效的方法、坚持真理的精神、诚心专心、排除自我的治学之道等价值体系也是修身、齐家、治国、平天下的基础，是人类社会文明的宝贵财富。科学又是一种社会建制，是组织科学活动的社会建制，像科学院、研究所、大学、学会等。在这套社会建制里面有一些共同遵守的规范。总之，科学的含义有三个方面：（1）科学的知识体系；（2）科学的思想方法；（3）科学的社会建制。

二、科学的本质

关于科学的本质，人们对它的认识也是在不断深化的。总的来说，经历了由科学的“知识本质观”到科学的“探究本质观”的转变。

传统的科学本质观受逻辑实证主义的影响，认为科学的本质是科学知识，最多再加上方法，科学知识是客观的、价值中立的、科学是不会出错的。科学知识是通过科学方法获得的，所谓科学方法主要是指科学发现的归纳模式，这一模式可分为四个阶段：收集有关研究对象的全部事实，对这些事实加以分析、比较和归类，从这些事实中抽象出普遍性原理（假说），以及在事实中重新检验已经提出的假说。这是人们公认的科学方法，而且可适用于任何学科领域的研究。基于这种认识，人们很自然地认为科学的本质主要体现于科学方法之中。

现代的科学本质观受建构主义的重大影响，正在发生深刻的变化。纳斯鲍姆（Nussbaum J）认为当今科学哲学思潮的主流是建构主义，其中波普尔（Popper K R）和库恩（Kuhn）更是建构主义的早期代表人物。建构主义否定知识的客观性，主张科学的本质即科学探究。众所周知，在科学教学领域中长期占主导地位的是逻辑实证主义主张的客观主义知识观。这种知识观认为，“所谓知识，就它反映的内容而言，是客观事物的属性与联系的反映，是客观事物在人脑中的主观映像”。知识是“人类认识的结果。它是在实践的基础上产生又经过实践的检验的对客观实际的反映”。从上述几个权威性的定义来看，人们对科学知识的本质的确是从“客观性”上定位的。这种认为科学知识是客观的、可靠的、稳定的观点，长期以来一直左右着科学教学的理论与实践。建构主义的观点与此相反，建构主义认为，科学知识的获得是科学家根据现有的理论（原有知识）来建构科学知识，建构主义强调科学知识是暂时性的、主观的、建构性的，它会不断地被修正和推翻。“在建构主义看来，知识不再是纯粹客观性的。可以将科学知识看成由假说和模型所构成的系统，这些假说和模型是描述世界可能是怎样的，而不是描述世界是怎样的。这些假说和模型之所以有效并不是因为它们精确地描述了现实世界，而是以这些假说和模型为基础精确地预言了现实世界。”正如波普尔指出的，科学知识的本性就是“猜测”，其中“混杂着我们的错误、我们的偏见、我们的梦想、我们的希望”。建构主义对知识的客观性的彻底否定，第一次在这种僵化的知识观上打开一条缺口，从而促使人们对科学知识本质的认识发生了根本的变化。科学知识作为一种科学活动的产物是一种可变的東西，不能体现科学的真正本质。“科学的本质不在于已经认识的真理而在于探索真理”，“科学本质不是知识，而是产生知识的社会活动，是一种科学生产”。

建构主义强调科学的本质即科学探究。科勒特 (Colleter) 和肖帕塔 (Chiapetta) 认为科学是探究自然界的“思考”方式 (a way of thinking); 科学必须建立在真实的证据上, 甚至根据证据可以推翻权威结论; 科学知识是无法绝对客观的, 只能尽量避免偏见与误差; 科学知识的建立是一个提出假说, 再加以验证, 最后得出结论的过程; 归纳法与演绎推理是科学研究的重要方法, 但它们也有局限性; 因果关系的推理只能视为一种可能, 而非绝对的关系; 类推 (analogy) 和溯因 (carry back) 也是科学解释自然界现象的两种常用的思维方式, 但它们同样也有局限性; 科学家必须时常进行自我反省, 以及对现存的理论的合理性进行批判性思考。科学是一种“探究”的方式 (a method and a way of investigation)。科学家所采用的方法没有不变的程序, 但是对问题解决必须采取有组织的方式, 并拒绝接受毫无根据的资料。而且还要坚持这样一种观念: 仅靠合适的研究方法未必能真正解决问题, 因为并非所有的问题都能被解决。科学知识是暂时的、动态性的。科学家使用所谓的科学方法来建立科学的知识体系, 但是这些科学知识必须经常面对质疑、验证, 进而发现其错误的地方, 再加以修改, 甚至完全推翻, 或证实其合理性从而接受它。因此科学知识具有动态性本质 (dynamic nature) 与暂时性本质 (tentative nature)。

三、自然科学的知识体系

自然科学的知识结构是指一门学科所包含的要素之间的有机结合方式。一般来说, 一门学科的知识体系是由科学的事实、概念、范畴、定律、逻辑形式构筑起来的。

1. 科学事实

事实是科学结论的基础和根据, 没有事实的系统化和概括, 没有事实的逻辑认识, 任何科学都不能存在。但事实本身并不是科学, 事实只是在以系统的、概括的形式表现出来并且作为现实规律的根据和证明时, 才能成为科学知识的组成部分, 即科学事实。科学事实大体包括经验事实、观测资料和实验数据等。

2. 科学的概念

科学的概念是构成科学理论的细胞, 是科学研究的成果和经验的结晶。它由具体概念和抽象概念组成, 前者直接反映某种现象的状态和表面性质; 后者则由理性思维所把握, 反映客观事物的规律和本质。它们之间的联系和转化, 使科学概念在内容和形式的结合上构成一个体系结构。

一个特殊的理论, 有其特有的概念。新理论的建立, 或提出前所未有的新概念, 或加深、扩展、限制已有的概念, 或论证了概念之间的新联系。概念内容的新陈代谢和充实修正, 乃是科学进步的表现。从概念内容所反映的客观对象的性质和层次考虑, 将概念分为实体概念、属性概念和关系概念三类。反映某种物质客体的概念称实体概念, 如原子、细胞、磁场等。反映对象所具有的特质概念称属性概念, 如惯性、温度、抗腐蚀性等。反映对象之间关系和自然过程内部机制的概念称为关系概念, 如电磁感应、熵、光合作用等。

从概念的内涵进行分类, 依据概念是反映事物的固有属性, 还是反映本质属性, 可分为类概念和科学概念, 概念的这种划分, 反映了人们对自然的认识过程。如古代的自然哲学中就有原子的思想, 认为世界上的一切事物都是由极小的和不能再分的微粒组成, 19 世纪初, 道尔顿 (Dolton J, 1766—1844) 提出原子论理论, 初步揭示了原子的若干性质; 原子概念才由类概念转化为科学的概念。

3. 科学原理、定律和学说

科学原理、定律和学说是科学知识结构中的主要组成部分，它们运用概念揭示事物的本质联系，都属于规律性的知识，但它们之间又有某种差别。

原理所反映的是特定条件下的自然事实。对原理的了解必须注意到它是在什么条件下发生的事实。与原理近似的是定理，定理的提法在数学上用得较多，在自然科学中，用定理来表达某些原理时，着重反映一定条件下的数学必然性，即要加上数学表达式。

定律是对客观规律的一种表达形式，着重强调自然过程的必然性，如能量守恒定律。与定律近似的是定则，通常以假定方式来表达自然过程的必然性。如判断磁力线与对电流作用力的方向的“左手定则”。科学定律的本身也是有结构的，它分为具体定律和抽象定律。前者是依靠仪器对客体进行观察并归纳所得资料的结果，如落体定律等；后者是运用抽象概念进行判断推理的结果，如万有引力定律等。它们之间相互联系，表明科学认识由一级本质到二级本质层次的推进过程。

学说是在自然科学中，对自然过程原因的解释，是为解释自然事物、自然属性、自然定律的原因而提出的见解。由于对因果关系的认识是复杂的，往往一时难以确凿证实，学说常表现为假说的形式。

4. 科学方法

科学方法是指研究事实与发现规律的方式。任何一种科学理论，在解释某些现实过程的性质时，总是与一定的研究方法相联系。

方法是人们发现客观规律的一种手段，是获得规律性知识的必要条件，是创造性思维的集中表现。科学方法在应用中一般分为三个层次：①各学科特有的特殊方法，如物理学中的光谱分析法、化学中的催化方法；②各门学科通用的科学方法，如观察法、实验法、系统方法等；③哲学的方法，是建立在一般科学规律的基础之上，能够应用于知识的一切领域。

按照一个完整的科学认识过程，科学方法一般分为感性方法、理性方法和综合方法。感性方法是人类认识自然的起点，是获得自然信息的方法，包括观察法和实验法；理性方法是对观察实验所获得的成果进行分析，以达到新的科学认识高度的思考步骤，包括假说方法、数学方法、逻辑方法和非逻辑方法等；综合方法适用于科学认识的各个阶段，属于科学方法的理论，包括系统论方法、信息论方法和控制论方法等。

5. 科学理论

科学理论是在大量经验知识积累的基础上，运用逻辑加工，建立科学的基本概念和基本关系，借助逻辑和数学方法而总结出来的科学认识的知识体系。

科学理论是客观过程和关系的反映，是由一系列概念、范畴、原理、定理、公式等组成的逻辑系统，可表示为如图 1-1 所示。

科学理论的基本特点和要求是：外部的证实和内在的完备。两个特点的相互作用和相互补充，意味着科学理论系统地反映了客观事物的本质。科学理论有两个重要的功能——解释功能和预见功能。前者是揭示存在事物的本质，后者是从科学理论逻辑地推导出关于未知事实的结论。解释功能和预见功能是不可分的，它们的共同作用显示出了科学理论在整个科学知识体系中占据核心地位。

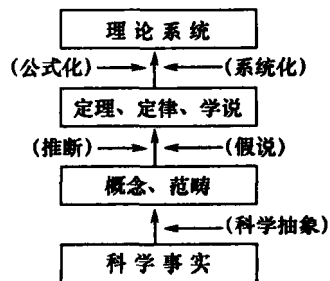


图 1-1 科学理论的形成

四、科学与社会

1. 科学对社会文化的促进作用

科学与文化有着不解之缘。一方面,科学是从一定历史阶段的特定类型文化母体中产生,另一方面,科学真正意义上的发展是科学文化形态的发展,而绝不仅仅是科学知识层面或技术层面或器具层面的发展。早在 20 世纪 20 年代初,梁启超就已意识到国人对“科学”存在失之偏颇的理解。他指出:“那些绝对的重视科学的人且不必责备,就是相对的尊重科学的人,还十个有九个不了解科学的性质,他们只知道科学研究所产生的结果,而不知道科学本身的价值。……我们若不拿科学精神去研究,便做哪一门学问也做不成。”英国科学史家李约瑟博士曾提出疑问:中国的科学为什么会长期停留在经验阶段并且只有原始型的或中古型的理论?中国文明没有能够在亚洲产生出与欧洲文明相似的现代科学,其阻碍因素又是什么?从中西科学和文化背景进行比较我们不难得出结论:这种因素正是近代科学精神的缺乏。所以我国的科学教育从起步之初就密切关注科学的文化价值层面。五四新文化运动以高举“赛先生”、“德先生”著称于世,其最具实质性的意义就是唤醒国民科学意识,重构中华民族科学精神。今天,尽管我们生活在到处都是高科技产品的现代社会,但并不意味着我们就已经处在科学时代,我们就是现代人。每当我们为中华学子在国际奥赛上不断摘金挂银而兴高采烈时,又不得不面对科学的最高荣誉——诺贝尔奖却一直与我们无缘的现实。当今社会经济发展的关键已不再是劳动力和资源,而是知识和科技创新。科技创新又与文化环境密切相关,在某一特定的历史阶段上的某种文化氛围中,科学非但得不到发展反而会陷入停滞甚至倒退。创造力的研究证明:个体的创造性不仅决定于自身的人格特征、认知风格、创造性思维能力、创造技法的掌握,还与社会文化环境密不可分。

2. 科学精神是推动科学和人类进步的精神力量

科学精神是在对科学真理的探索,对科学本质的认识深化的过程中孕育起来的推动科学进步的价值观和心理取向,是一种追求对世界和人生的深刻认识和理解的执著的探索精神。因此它不仅是推动科学而且是推动人类社会的精神力量。

科学精神表现为民主和平等、独立和创新。科学总是寻求发现和了解客观世界的新现象,研究和掌握新规律。科学主张每个研究者都有真理的拥有权,而不承认权威崇拜,科学的勃勃生机来源于质疑和批判、独立和探索,既宽容和鼓励标新立异,但又不盲从别人。进化论、基因论、相对论、量子论,无一不是冲破已有的定见,求异创新的结果。

科学精神就是潜心、专心与献身。表现为对知识全力追求,对名利淡然处之,对伪科学无情鞭挞,为真理而勇于献身。第谷为了研究行星的轨道,连续进行了长达 21 年的天文观测。居里夫妇在异常简陋的棚屋里,经过近四年的繁重而艰苦的工作,从数以吨计的沥青铀矿渣中提炼出 0.12g 氯化镭。陈景润身居斗室,整日与堆积如山的书籍和演算稿纸打交道,不惜以耗损身体为代价,终于摘取了数学的王冠。英国天文学家布拉法莱在被任命为英国格林尼治天文台台长时,英国女王因看到他的薪水很低,就让人通知布拉法莱,准备增加他的收入,对此布拉法莱说了一句意味深长的话:“如果这个职位一旦可以带来大量收入,那么以后到这个职位来的将不再是天文学家。”16 世纪哥白尼的“天体运行论”,不仅否定了地心说,构造了太阳系,同时也给当时处于统治地位的神学写下了绝交书。布鲁诺、伽利略、塞尔维特一个个被打倒,但正是他们为科学献身的精神才导致了 18 世纪整个欧洲的启蒙运动。

科学精神就是务实和求真。表现为实事求是、严谨和周密,坚持实验是检验真理的唯一标准。近代自然科学的兴起是同对经院哲学的批判和新的研究方法(实验和逻辑的方法)的确立是分不开的。弗兰西斯·培根认为:只有那种利用一定的设备、技术以确定的程序,有规则的进行实验,才是科学知识的可贵的源泉,才是科学真理的检验标准。所以科学是严格进行实验、严密进行推理、完全根之于客观事实的实学。例如自公元2世纪以来,血液在人体内流动的问题,已由当时罗马医生盖伦的心血潮流运动说统治了1000多年,直到300年前,英国科学家哈维在前人研究的基础上精心解剖和观察,一次又一次的验证,终于得出结论:心脏跳动、动脉搏动和静脉瓣结构,保证了血液在体内循环运动的正常进行,从而写出了具有转折意义的《心血循环运动论》。所以科学的求真求实,并不是固守真理,而是不断地发现以前真理的错误,不断更新真理。科学的求真还常常需要建立在科学原理和科学事实基础上的假说和想象,创造性想象是科学研究中的实在因素,它往往是科学进步的前奏曲。

3. 科学思想方法是人类自身和社会可持续发展的钥匙

科学不是简单地对自然规律的揭示,更重要的是找到了研究自然规律的方法。著名理论物理学家、诺贝尔奖获得者理查德·费曼说:“科学是一种方法,它教导人们:一些事物是怎样被了解的,什么事情是已知的,现在了解到什么程度,如何对待疑问和不确定性,证据服从什么法则,如何去思考事物,如何去做判断,如何判断真伪和表面现象。”科学方法的最高层次是科学思想和方法论原理。它是解决问题的宏观思路和哲学思想。如物理学中简单性原理、对称性原理、统一性原理、相对性原理、守恒性原理、数学化原理、对应性原理等。其次是具体的研究方法,如观察实验的方法、理想化的方法、等效的方法、模型化的方法。第三是思维的方法,包括形象思维、抽象逻辑思维和直觉思维。第四是创造性思维技法,如想象的方法、转换的方法、类比的方法、发散和聚合的方法。最后是解决问题的一般策略:认清问题,分析问题的性质和特征,设想可能的解决问题的方法,通过推理判断选定解决问题的方法,检验结论的可靠性。

进入20世纪以后,科学方法的作用愈来愈显著,表现在科学方法作用的程度提高了、范围广阔了、科学方法自身的体系丰富了。例如自然科学研究,从古代的几乎是以直接的生产经验和对自然界的直观观察为基础,发展到17世纪,通过技术手段,各种仪器设备武装起来的科学实验的方法,这种方法不仅大大扩大了人的观察范围,提高了观察现象的精确度,而且也被其他学科广为应用。如今有教育实验、数学实验和社会实验等。例如解放思想,实事求是,坚持实践是检验真理的唯一标准,正是邓小平理论的思想精髓,它实质上已成为社会实践中最为广泛最为常用的思想方法,深入到人们的日常生活和行为之中。然而科学教育在有效地传授过去和将来用来探索及检验知识的方法上失败得最为明显,也与当今教育极力提倡的“学会学习”、“学会生存”、“学会持续发展”的理念大相径庭,所以科学教育应该通过科学知识的再发现过程,使学生学会学习之法、思考之法、创新技法和生存之道。

4. 科学道德观念是人类社会和谐发展的航标

随着科学技术的发展和科学的社会化进程的加快,以至在今天科学已如水银泻地一样,渗入到人类社会生活的各个方面,然而,我们在尽情享受科技带给我们的恩泽的同时,也不得不承受由于科技的发展所带来的一系列社会问题。随着军事高科技化,战争越来越残酷,地球及人类自身的毁灭易如反掌。随着医疗保健科学的进步,人口的老龄化加速了,在我国还造成了人口性别比例严重失调。工业发展导致了自然资源过度采伐和毁坏,环境严重污染,大气质量下降,空气中二氧化碳和各种有害尘埃大量增加。水污染的结果使渔业资源遭

到了破坏,也使人类面临水荒。由于滥施农药和野生环境的消失,使得许多的动植物失去了适宜的环境而濒临灭绝,造成生态平衡失调。科学发展带来的医学伦理道德问题,还将猛烈冲击人们的伦理观、价值观、生死观。克隆技术刚一诞生,旋即引起了人们的高度关注和担忧。计算机的普及使人类进入信息社会,也使高智能的“毒瘤”可以迅速蔓延,防不胜防。但归根结底科学技术这把双刃剑还是挥舞在人类手中,需要通过科学教育使人类自身树立科学道德观念。而科学道德的核心是责任感,这种责任感驾驭科学成果的应用方向,以保证科学技术真正的造福于人类。科学道德的另一层面是同情心,使人能关注弱势和成长之中的族群,避免科技把现代人物化了,落入了商品拜物教的泥潭。

科学道德观念还表现在协作精神上。在牛顿、爱因斯坦时代,科技发明创造与新的发现往往是一两个人的研究成果,而现代科学研究决非一两个人的事情,而是几十人、几百人甚至上千人的共同努力,是集体智慧的结晶。1995年物理学重大成果之一证明第6个“顶夸克”的存在,就是由两个实验室800多人共同完成的。现代社会有这样一个现象:组织的每个成员都有120的智商,但组织的智商却只有60;一些组织正处于繁荣阶段,却突然衰败了;一些组织表面上看井井有条,背后却危机重重。这样的组织正是缺少协作和团队精神,因而是缺少生命力的。

第二节 自然科学的发展

在长期的生产实践中,人们不断地积累着生产经验和劳动技能,又不断地用这些经验和技能改进劳动工具和其他劳动资料。人类在实践中积累的认识,在理论上的不断总结和概括,就是自然科学的发展过程。自然科学体系的形成是以自然界的客观存在为基础,随着人们科学实践的长期演进而形成的,它经过了一个从低级到高级,从简单到复杂,从零散到系统的发展过程。

一、科学的起源与发展

距今6000年到4000年,底格里斯河和幼发拉底河流域、尼罗河流域、黄河流域的文明逐渐形成,这些地区人类关于自然的知识逐渐深化,这一时期产生的知识,有突出的经验性特征,因此称为准科学,是古代科学产生的先导。经过“准科学”时代的数千年以后,古代自然科学逐渐形成,其标志是“希腊科学”的诞生,以后又经历了“阿拉伯科学”时代和“中国科学”时代。

1. 古代自然科学的发展

(1) 希腊科学的诞生

古希腊被认为是人类科学的发祥地,泰勒斯(Thales,公元前624—公元前564)被尊为科学之父。古代希腊科学分两个时期,从公元前600年至公元前300年,称为希腊的古典时期。这个时期形成了以一个或几个学术带头人领导的学术团体,如伊奥尼亚(Ionian)学派、毕达哥拉斯(Pythagoras,公元前580—公元前500)学派、原子论学派、柏拉图学派、亚里士多德学派等。从公元前300年到公元前30年,叫希腊化时期或亚历山大里亚时期,是指世界学术中心从雅典转移到亚历山大城,出现了阿基米得(Archimedes,公元前212—公元前137)和欧几里得(Euclid,公元前330—公元前275)等著名的科学家。

古代希腊在数学、天文学、力学、生物学、医学、气体动力学、声学、气象学、电学和

磁学等方面取得了一定成绩。数学方面的突出代表是毕达哥拉斯学派。毕达哥拉斯学派将抽象的理性方法用来研究几何学（科学史家称欧几里得的《几何原本》是古代科学的最高峰），并开始了数论研究，将自然数区分为奇数和偶数、素数和完全数、三角数和平方数，同时还发现了无理数。阿波罗尼乌斯（Apollonius，公元前 262—公元前 190）提出了圆锥曲线理论，由此产生了《球面学》。天文学方面，欧多克斯用几何角度解释天文学，开辟了数学天文学的发展道路；希帕克（Hipparchus，约公元前 190—公元前 125）发明了许多天文观测仪器，是西方第一个编制星表的人；托勒密（Ptolemy，100—170）编制了第一部古代天文学百科全书——《大综合论》，提出了地心说；毕达哥拉斯则是第一个主张大地是球形的人。力学方面，阿基米得发现了杠杆平衡条件和浮力定律。生物学方面亚里士多德通过解剖和观察，记述了约 500 种动物（其中 50 种绘有解剖图），并对生物进行了初步分类。医学方面积累了初步的解剖学和生理学知识，对许多疾病进行描述并提出了适当的治疗方法。

（2）阿拉伯科学时代

阿拉伯科学是古代科学史的另一主流。在数学、天文学、化学和医学等领域有很大的发展。数学方面采用了阿拉伯数码，发展了三角学知识和代数知识。《花拉子密算术》和《阿尔热巴拉和阿尔穆卡巴拉》两本著作对后来的数学影响极大。天文学方面，阿尔·巴塔尼（al-Batani，约 850—929）编制了天文年表，测定了黄道倾角值，并发现了太阳偏心率的变化。在化学方面，炼金术向实用化学方向发展，炼金术直接导致了近代化学实验方法的产生。天平开始使用，并利用蒸馏、结晶、升华、焙烧等方法炼金。在医学方面被称为阿拉伯“医学之王”的阿维森纳（Avicenna，980—1037），著有百科全书式的《医典》。

（3）中国科学时代

中国是四大文明古国之一，是文明古国中唯一没有出现严重文化断层的文明。在整个古代，中国的科学技术经过起源、发展和完善，达到了非常高的水平，形成了以实用经验知识为主的独立体系。主要成就在天文学、数学、农学和医学等方面。从战国到秦汉，许多门类都形成了具有自己特色的体系，经过汉唐千余年的发展，到宋元达到了高峰。在数学方面，是筹算、珠算以及相应计算工具的创造者，最早的数学著作《周髀算经》成书于公元前 1 世纪；汉代的《九章算术》是我国数学体系形成的标志。

天文学方面，中国是世界历史上天文观测记录最系统、最完整的国家；对太阳黑子、哈雷彗星的记载是世界最早的；绘制的星图、图表是世界上领先的；公元前 1 世纪出现了关于宇宙结构理论的盖天说，公元 2 世纪则有浑天说和宣夜说；汉代已形成了古代历法体系，创造了许多先进的天文仪器，如水运浑天仪、候风地动仪、黄道游仪、混天铜仪以及宋代苏颂建筑的“水运仪象台”和元代郭守敬创制的简仪。在物理学方面，公元前 4 世纪成书的《墨经》（墨翟，约公元前 478—公元前 392）中含有光学、力学、声学等物理知识；在世界上首先提出光的直进原理；北宋沈括（1031—1095）的《梦溪笔谈》介绍了人工磁化方法制作指南针，并提出了地磁偏角的概念。

化学和化工方面主要表现在造纸技术、火箭技术、漆器和瓷器制作技术。医学方面创造了独特的中医理论和切脉诊断病情的方法；传说神农氏是中国医药的始祖（距今约 5000 多年），现存医药文献近 8000 种，最重要的有公元前 3 世纪的《黄帝内经》（战国时期）、汉代张仲景（约 150—219）的《伤寒杂病论》和《神农本草经》、唐代“药王”孙思邈（581—682）的《千金方》、明代李时珍（1518—1593）的《本草纲目》。此外，我国古代还有百科全书式的著名著作：一是《齐民要术》（贾思勰）；二是北宋沈括的《梦溪笔谈》，其内容涉

及数学、天文、物理、化学、医学和工程技术等方面的知识；三是明代宋应星（1587—1661）的《天工开物》，它包括了谷物栽培加工、纺织染色、制盐制糖、酿酒榨油、烧瓷造纸、冶金舟车、火药兵器等 18 个部门。说到中国古代的科学技术，自然不能不说古老的四大发明：指南针、造纸术、印刷术、火药。四大发明是中国古代科学技术繁荣的标志和中国人聪明智慧的体现，更重要的是改变了近代人类文明史的进程。

2. 古代自然科学的特点

古代自然科学的发展，形成了几个明显的特征：

（1）内容上形成了描述宏观低速运动规律的理论。古代自然科学在内容上形成了以地球为中心的宇宙观理论体系，这种理论对太阳系的认识是模糊不清的。尽管描述了宏观低速物体的运动规律，但对宏观物体的认识还只是初步、表面和笼统的。

（2）形成了自然科学的基本形态。古代自然科学的形态，主要包括三部分，即自然哲学、理论知识和实用科学。自然哲学是古代自然科学的一种重要知识形态，许多自然知识都包括在哲学之中。理论知识是对经验知识进行概括形成的知识体系，古代自然科学中开始成为理论知识的有力学、天文学和数学。实用科学是古代人在生产实践、医疗和日常生活中所积累的经验知识，基本上是对工艺技术实际效益的意识，但对制约这些效益的自然规律尚未深入理解。

（3）形成了研究自然界的方法。古代自然科学的研究方法主要有原始的观察法、实践法和演绎法，以整体的笼统考察为主，缺乏分析。对自然现象的理解，以直观信仰和主观猜测为主，没有严格的科学证明。

二、近代自然科学的产生及其特点

近代自然科学于 16 世纪产生于欧洲。哥白尼（1543）发表的《天体运行论》是近代自然科学诞生的标志。前后持续了约 350 年左右，到 19 世纪结束。

1. 近代自然科学的发展

近代自然科学经历了两个主要的历史阶段，即早期发展阶段与晚期发展阶段。从 16 世纪中期到 18 世纪中期为早期近代自然科学发展阶段，起点是哥白尼天文学革命兴起，终点是牛顿和林奈在自然观上相继向神创论的回归，主要科学标志是机械自然观的建立。从 18 世纪中期到 19 世纪末期为晚期近代科学发展阶段，起点是康德（Kant I, 1724—1804）的天体演化学说的兴起，终点则是 19 世纪末物理学危机的发生，主要标志是辩证自然观的兴起。近代自然科学经过两个阶段的发展，形成了比较完整的基础科学体系。

在物理学方面，以牛顿为代表的经典力学体系在早期近代科学发展时期已经形成，并向天文学和其他基础学科领域渗透，形成了天体力学、流体力学等分支学科。同时，光学、热学、静电学、静磁学也初具规模。19 世纪初，以托马斯·扬（Thomas Young, 1773—1829）为代表的光的波动说的兴起拉开了物理学革命的序幕，其间热力学和电磁学得到了充分的发展，不仅直接推动了近代早期物理学范式的变革和近代晚期物理学体系的形成，而且为第二次工业革命的兴起奠定了科学基础。

在化学方面，波义耳（Boyle R, 1627—1691）的元素定义、贝歇尔（Becher J, 1635—1682）和施塔尔（Stahl G, 1660—1734）的燃素假说代表了早期化学发展的两个主要阶段。拉瓦锡（Lavoisier A L, 1743—1794）的氧化说是化学进入近代化学发展时期的起点，特别是道尔顿（Dalton J, 1766—1844）化学原子论的建立，标志着近代化学进入了成熟发展时

期。在这期间原子分子论的建立和元素周期率的发现,标志着近代基础化学的理论规范基本上形成。在无机化学领域,特别是在以三酸两碱为主体的无机化工领域,已形成了比较完整的体系。在有机化学领域,以有机提纯、有机分析、有机结构、有机合成为基本分支的有机化学体系也基本形成。

在生物学方面,林奈(Linne C, 1707—1778)的生物分类学代表了早期生物学的主要成就,而生物进化论、细胞学说、微生物学和遗传学是19世纪生物学的四大杰出成就,标志着近代生物学科规范的形成。在天文学方面,日心体系的确立与天体力学的奠基代表了早期近代天文学的主要成就,天体演化学、天体光谱学代表了晚期近代天文学发展的主要成就,特别是以太阳光谱和恒星光谱为基本分支的天体光谱学,成了20世纪初兴起的天体物理学的先导。地质学以1669年提出地质学三定律为发端,以莫诺(Moro A L, 1687—1764)和伍德沃德(Woodward J, 1665—1728)为代表的第一次“水火之争”为动力,以地质考察为实验基础,在18世纪初具规模。从18世纪末开始,以维尔纳(Werner A G, 1749—1817)和赫顿(Hutton J, 1726—1797)为代表的第二次“水火之争”的兴起,使近代地质学进入一个新的发展阶段,此时已奠定了大地构造学说的基础。

2. 近代自然科学的特点

近代自然科学经历了16世纪的革命,取得了独立的地位。17世纪牛顿力学的建立,为近代科学奠定了基础。经过18世纪的消化吸收,到19世纪近代自然科学达到了全面发展和近乎完善的程度。其特点是:

(1) 形成了比较完整的自然科学体系。近代自然科学由理论自然科学、实用自然科学和技术自然科学三部分组成。理论自然科学是指近代自然科学开始摆脱对事物单纯现象的描述,进入整理材料,进行理论概括阶段,理论综合是近代自然科学的显著标志,其中牛顿力学体系的建立,是人类知识的第一次理论大综合。19世纪自然科学理论综合的特点,在于形成“伟大整体的联系的科学”,一方面表现在不仅以物理、化学、生物、天文、地理、数学为基本分支的基础科学体系已经形成,而且这六大基本分支都有划时代的理论突破,本身形成了比较完整的科学体系;另一方面,还形成了贯穿于若干自然科学领域的全局性原理和学说。近代实用自然科学是指近代自然科学演化为以科学实验为基础,以科学理论为指导,成了系统的总结。技术自然科学是将基础知识向实践应用的中间环节,是研究通用性技术理论的科学。技术科学是在19世纪形成的,是在基础科学取得重大成就的基础上,由于生产的需要而迅速发展起来。

(2) 建立了揭示客观低速物质运动基本规律理论。这个时期,人们从认识宏观物体的形态、运动,发展到认识物体运动的能量;从研究物体的静态现象,转向研究物体的发生、发展过程。

(3) 否定了直观信仰的认识原则。近代自然科学的认识论特征是对直观信仰的否定,人类的认识开始从事物的表面现象进入到事物的本质,由笼统的综合进入到精确的分析,从绝对不变和无联系性发展到普遍联系和发展性。

三、现代自然科学的产生及特点

从19世纪末20世纪开始,自然科学的发展进入到现代自然科学时期,其主要标志:人类对自然的认识,不仅在宏观低速领域更加全面深刻,而且深入到微观、高速和宇观领域,在更深更广的范围内揭露自然界的本来面目及规律性。