



新世纪地方高等院校专业系列教材

自然科学概论

(第三版)

主编 文祯中



南京大学出版社

新世纪地方高等院校专业系列教材

自然科学概论

(第三版)

主 编 文 祯 中

副主编 李 蕴 才

编写者 (按姓氏笔画排序)

文 祯 中 白 祈 瑞 李 蕴 才

汪 小 凡 管 华

南 京 大 学 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

自然科学概论 / 文桢中主编. — 3 版. — 南京 :
南京大学出版社, 2012.2

新世纪地方高等院校专业系列教材

ISBN 978-7-305-03942-3

I. ①自… II. ①文… III. ①自然科学—高等院校—教材 IV. ①N

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 281390 号

出版发行 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093
网 址 <http://www.NjupCo.com>
出 版 人 左 健
丛 书 名 新世纪地方高等院校专业系列教材
书 名 自然科学概论(第三版)
主 编 文桢中
责任编辑 孟庆生 编辑热线 025-83686722
照 排 南京南琳图文制作有限公司
印 刷 南京大众新科技印刷有限公司
开 本 787×960 1/16 印张 26.75 字数 460 千
版 次 2012 年 2 月第 3 版 2012 年 2 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-305-03942-3
定 价 46.00 元
发行热线 025-83594756
电子邮箱 Press@NjupCo.com
Sales@NjupCo.com(市场部)

· 版权所有,侵权必究

· 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购
图书销售部门联系调换

新世纪地方高等院校专业系列教材

编 委 会

学 术 顾 问	王德滋	孙义燧	袁振国
	朱小蔓	谢安邦	
编 委 会 主 任	周建忠	左 健	
编委会副主任	金鑫荣		
编 委 会 成 员	(按姓氏笔画排序)		
	王兴林	左 健	许金生
	刘 建	刘海涛	刘周堂
	吴孝成	李进金	陈江风
	余三定	张庆利	金鑫荣
	周建忠	赵嘉麟	赵立兴
	郭 永	熊术新	黎大志
	薛家宝		

第三版自序

《自然科学概论》自 2002 年第一版问世以来,受到了广大读者的欢迎,应读者需要于 2007 年出版了第二版,现在南京大学出版社希望修订出版第三版。作为主编,我心里很清楚这本书之所以受到欢迎,不是因为编写的水平高,而是因为社会发展的需要,科学发展的需要,全面育人、构建合理知识结构的需要和提高民族科学素质的需要。现代科学发展速度之快、规模之大、作用之广、影响之深,历史上前所未有的。现代科学发展正由小科学时代走向大科学时代,学科间的相互联系、相互渗透、相互交融已成为科学发展的主流,人文科学与自然科学再一次走向融合。大科学发展对科学研究的统领与综合提出了更高要求,迫切需要多学科融会贯通。人文社会科学的学者必须学习和掌握自然科学知识,自然科学的学者也必须学习和掌握人文社会科学知识,这样才能构建合理的知识结构。只有知识结构合理的人,才能适应大科学时代的需要,适应未来社会发展的需要。

《自然科学概论》的此次修订得到了南京大学出版社的大力支持,编委会成员和我的同仁们对全书进行了认真细致的梳理。李松田博士对绪论、第四章、第六章、第七章,周丰群博士对第三章,刘金锤老师对第一章,楚纯洁老师对第二章分别提出了许多宝贵的修改意见,在此我代表编委会对他们表示衷心的感谢。

《自然科学概论》内容跨度广,编写难度大,限于我们的知识结构和水平,虽然已出版第三版,但仍可能存在各种缺点和错误,敬请同行专家和广大读者批评指正。

文祯中

2011 年 11 月 20 日

前 言

自然科学是研究自然界物质形态、结构、性质和运动规律的科学,包括数学、物理、化学、天文学、地球科学、生命科学等。它不仅是巨大的生产力,推动经济的发展,而且是人类思想文明进步的巨大动力,成为提高人类认识世界能力的源泉、建立科学世界观的重要基础、加强道德建设的重要条件,更能培养人们勇于为科学真理献身的精神。

现代学科高度综合、相互渗透,要求人文学科学生学习自然科学

自然科学对人文社会科学的渗透表现在:自然科学的研究方法和技术手段被应用于研究人文、社会科学。例如,语言学开始是纯粹的人文学科,而在现代已经日益广泛地使用实验和数学方法,以至于有成为“语言科学”的倾向。科学技术的发展,使计算机、多媒体以及其他现代化研究手段为人文、社会科学的研究提供了极为便利的条件,大大提高了研究效率。经济学的研究更离不开自然科学的支持。

在人文、社会科学中开始引入自然科学的概念和命题,来证明“价值”合理性和科学性。自然科学中的概念,如信息反馈、控制、系统、机制等,日益渗入社会科学中,有些社会科学,如教育学、社会学等,都日益向量化发展。自然科学的命题、判断已广泛应用于社会科学之中。因此,从科学相互渗透的趋势来看,不了解自然科学的一些基本知识,不掌握一些现代科学技术,就不能很好地从事人文、社会科学的学习和研究。

素质教育要求人文学科学生学习自然科学

大学生素质教育就是以高尚的人格主体精神为核心,身心健康为前提,人文教育和科学教育为两翼,注重对学生的创新意识和创造能力的培养,从而适应时代的发展和社会的需求。现代社会生活的日益复杂化决定了对现实问题的研究和解决,单一的文科或理科知识已不能有效地担当起这一责任,它需要工程技术与人文、社会科学的紧密结合,协同作战。如能源的发展、环境污染的治理、城市的规划、人工智能的开发等,这些问题既不是单纯的技术问题,也不是单纯的社会问题,解决这些问题需要自然科学、工程技术以及社会学、人口学等许多社会科学的知识。即便不是这些庞大复杂的问题,就是处理现代社会的日常办公事务,也需要具备良好的科学素养,懂得计算机操作以及办公自动化等知识。因此,时代的发

展给高等学校提出了培养全面素质人才的要求,未来社会发展需要的人才是综合型、复合型、全面发展的人才。

新兴学科的形成,要求人文学科学生必须学习自然科学知识,才能适应社会的需要

自然科学、社会科学、技术科学之间通过相互渗透和相互交叉,形成一批边缘学科或综合学科,如控制论、信息论、系统论、技术经济论、技术美学、数理语言学、行为科学等。它们的相互结合与渗透形成的重大课题,具有高度综合和跨学科的性质,这些课题的解决所产生的社会效益在日益显著提高。这种跨学科的研究,不但可以提高研究的效率,而且可以保证研究成果具有广泛的应用性。没有自然科学的知识,就不能适应交叉学科发展的要求,更不能学好人文社会科学。

目 录

绪 论	1
第一节 自然科学研究的对象、性质和作用	1
一、自然科学研究的对象	1
二、自然科学的性质和特点	3
三、自然科学的社会作用	4
第二节 自然科学的体系结构	7
一、自然科学结构的演化	7
二、自然科学的层次结构	11
三、自然科学的学科结构	13
四、自然科学的知识结构	16
第三节 自然科学的历史演进	18
一、科学的起源	18
二、古代自然科学的形成	19
三、近代自然科学的产生及特点	22
四、现代自然科学的产生及特点	25
第一章 宇宙世界	33
第一节 宇宙的形成和演化	33
一、大爆炸宇宙论	33
二、天体系统及其演化	37
三、银河系	40
第二节 太阳和太阳系	43
一、太阳系的结构与起源	43
二、太阳的特征与演化	49
三、太阳系的行星和卫星	57
第二章 地球环境系统	64
第一节 地球环境	64
一、地球的圈层构造	64
二、大地构造理论	67
三、地表形态及其演化	73

四、地球大气	80
五、地球上的水圈	89
六、地球的土壤与生物	98
第二节 地球环境的演化与自然地理分异	105
一、地壳演变过程与现代自然地理环境的形成	105
二、人类与自然地理环境的相互作用	111
三、自然地理环境的地域分异	119
第三节 环境科学与生态学	123
一、环境问题和环境科学的产生	123
二、环境科学的研究内容	126
三、生态学的产生与研究内容	127
第三章 物质世界的统一性	133
第一节 物质构造之谜	134
一、古人对物质本源问题的探索	134
二、物质结构的层次	135
第二节 物质的运动和力	136
一、力学的起源	136
二、运动的描述	138
三、运动定律	146
第三节 分子运动和热	162
一、热学的起源	162
二、热学基础知识	163
三、热力学定律	166
四、统计物理学简介	168
第四节 电磁与光	169
一、电磁学	169
二、光	188
第四章 物质的化学	194
第一节 化学反应的实质及类型	194
一、化学与物质	194
二、化学反应的实质	200
三、化学反应的类型	202
四、化学反应的基本定律	203
第二节 无机界与无机化学	205

一、元素与元素周期律	205
二、放射性同位素	210
三、晶体与金属	215
第三节 有机物与有机化学	219
一、人类对有机化合物的认识	219
二、有机经典结构理论的建立	222
三、有机化学反应的类型	226
四、高分子材料及应用	228
五、生命物质与生物化学	236
第五章 地球上的生命	244
第一节 生命的起源	244
一、从无机物合成有机小分子	244
二、生物大分子的合成	246
三、多分子体系的原始生命的出现	246
第二节 生命的基本特征与结构	248
一、生命的基本特征和物质基础	248
二、生物世界的基本结构及其层次性	253
第三节 生物的进化	264
一、生物进化的证据	264
二、生物进化与物种形成	269
三、人类的起源与进化	274
第四节 生物的多样性	277
一、生物多样性及其价值	277
二、生物多样性的处理——生物分类学	283
三、生物的主要类群	285
第五节 生物与环境	295
一、生物的环境制约	295
二、生物对环境的适应性	302
三、生物的协同进化	304
第六章 现代自然科学综述	307
第一节 现代自然科学思想	307
一、整体和综合思想	307
二、层次结构思想	310
三、移植思想	312

第二节 现代自然科学研究方法	313
一、科学实验法	313
二、数学方法	316
三、系统科学方法	322
四、信息方法	326
五、控制论方法	329
六、复杂性科学研究方法	331
第三节 现代基础科学的若干重大理论或前沿领域	338
一、相对论	339
二、量子理论	343
三、粒子物理学	348
四、分子生物学	349
第四节 现代技术的前沿领域	352
一、信息技术	353
二、新材料技术	360
三、能源技术	366
四、海洋技术	368
五、空间技术	371
六、纳米技术与纳米材料	376
七、遥感和地理信息系统技术	381
八、生物工程技术	384
第七章 自然科学研究与科学家	390
第一节 自然科学研究	390
一、自然科学研究的目的与类别	390
二、自然科学研究的成果及评价	392
第二节 自然科学家	395
一、自然科学家的产生	395
二、自然科学家在科学技术发展中的地位和作用	397
三、自然科学家的素质	400
四、自然科学家的成长与培养	406
后 记	412

绪 论

第一节 自然科学研究的对象、性质和作用

在现代科学知识体系构成中,自然科学与社会科学、综合科学共同构成了现代科学的三大门类。自然科学是以人类生产活动为基础而产生的,并通过明确自然界的规律性而建立,它能进一步提高人类生产效率,促进人类生产活动,但其发展又直接受到生产和技术状态的限制。

一、自然科学研究的对象

自然科学是研究自然界中各种自然现象或事物的结构、性质和运动规律的科学。因此,自然界的物质形态、结构、性质和运动规律等都是自然科学的研究对象。

(一) 物质的基本形态

人类对自然的认识,首先是从认识物质的形态开始的,自然界物质种类多种多样,每种物质都有自己独特的形态。最基本的物质形态包括固态、液态、气态、等离子态、中子态、场和反物质态,这些基本形态按照内部结构特点可分为实物和场两种基本类型。

固态、液态和气态是常温状态下物质的三种普通形态。场是指物质间的相互作用场,它是存在于整个空间并具有传递相互作用能力的物质连续形态,例如天体之间的引力场、电荷周围的电场、运动电荷周围的磁场、原子核内质子和中子之间的介子场。把气体加热到几千度,一部分气体原子发生电离,变成带正电的离子和带负电的自由电子,若加热到几万度,气体就全部电离,这种由带电离子和电子组成的气体叫等离子体,也就是导电的气体,太阳、闪电及电弧都是等离子体。在地球之外,存在着一种粒子的集聚态,其分子和原子间的空隙、原子核和电子间的空隙均已消失,形成了一种密度特别大的物质,叫中子态或超固态,如中子星就是由中子态物质构成,平均密度是1亿吨每立方厘米。科学家卡尔·安德森(Carl Anderson),1932年发现自然界除存在带负电的电子外,同时还

存在正电子,将这种正电子称为电子的反粒子,目前已发现 300 多种基本粒子都有它的反粒子,粒子与反粒子区别在于电荷符号的不同,人们把它们称为反物质。

(二) 物质的结构和性质

自然界中每一种物质都有自己的结构,由此决定其特有的性质。

所谓的结构是指组成物质的各要素之间相互联系和相互作用的形式。研究物质结构,主要是研究物质系统内各要素之间的排列顺序和组合方式等。物质结构多种多样,概括起来可分为空间结构和时间结构两种基本类型。

空间结构可分为内部结构和外部结构。内部结构表现为物质系统内各要素之间在数量上保持一定的比例关系,在性质上相互协调、相互适应,在形态上呈网络状。内部结构是物质的一种稳定结构,是物质系统本身具有的相对独立性。外部结构是指物质系统与环境之间相互作用的关系,可分为同素异构和同构异素两种类型。前者是指物质系统组成要素的数量、性质和相互作用力的类型相同,但要素间的具体联系形式不同,致使各个要素在空间排列顺序、距离和方位不同,形成不同的结构形式;后者是指结构形式相同,但物质系统的组成要素不同,如氯化钠、氯化钾都是立方晶体的结构形式,但组成要素都不相同。

时间结构是指一种历时态的变动结构,指结构的流动性和变化性。任何结构都不是一成不变的,都有其产生、演化的历史。

不同的结构决定着物质不同的性质。自然科学在研究物质结构的同时,还要研究物质的性质。如化学中的同素异构体,化学成分相同,分子结构却不同,因而其物理、化学性质各不相同。

(三) 物质运动的形式和规律

恩格斯指出:“自然科学的研究对象是运动着的物质、物体。物体和运动是不可分的,各种物体的形式和种类,只有在运动中才能认识。”所以物质的运动形式和运动规律,就成为自然科学的主要研究对象。

自然界物质存在的形态及物质结构层次的多样性和无限性,决定了物质运动形式的复杂性。同时各种物质运动形式又是相互联系、相互转化的。现代自然科学对自然界的六种基本运动形式进行了探究,即微观物质运动、化学运动、宏观物理运动、生命运动、地球运动和宇宙天体运动,相应构成了微观物理学、化学、宏观物理学、生命科学、地学和天文学等学科。随着科学的发展,还会发现新的运动形式,对这些新的对象进行研究,又会产生新的学科。能量是对物质运动形式的一般度量,不同运动

形式相应有不同的能量,如机械能、分子能、电能、化学能和原子能等。当物质运动形式发生转换时,能量形式也发生相应变化。

规律是物质运动过程的本质联系和必然趋势。规律是客观的,是物质运动本身固有的。各种运动形式都有自己的特殊运动规律。自然科学主要是研究特殊运动规律的,如牛顿力学揭示了机械运动规律,量子力学揭示了微观粒子运动的规律。

二、自然科学的性质和特点

自然科学作为反映自然物及其运动形式的本质和规律的一种知识体系,与人类其他类型的知识相比,具有自己特有的性质,主要表现在两个方面:

(一) 自然科学是关于自然的系统化的知识

自然科学不是零星知识的简单堆砌,而是根据一定的原则,对实验数据、资料、经验公式进行整理,从而得到的一个有机的知识整体。从这个意义上讲,古代人们在生产实践中积累起来的实用知识,仅仅是经验知识,还不能称之为科学。真正的自然科学是在近代才产生和发展起来的,并形成了自身的理论体系。

自然科学作为反映自然物的知识体系,具有自己鲜明的特点:① 客观性。其研究对象、内容和评价标准都是客观存在的,离开了客观性就不能称其为科学。② 逻辑系统性。它揭示了事物、现象和过程的本质联系,并把科学材料用准确的概念、范畴,通过判断和推理的逻辑程序表示出来。③ 计量性。自然科学的研究离不开质量、长度、时间三个基本量纲,这是自然科学与其他科学的重要区别。④ 无阶级性。自然科学的内容反映的是自然界的规律,这些规律在人类社会出现以前就已存在,不属于任何特定的阶级,是任何阶级所要共同遵守的,因此,自然科学知识具有鲜明的无阶级性。

(二) 自然科学是认识自然的社会活动

作为认识自然的一种社会活动,自然科学包括了人类认识自然的思维活动和实验活动,与其他社会活动相比,主要有三个突出的特点:① 思维活动与实验活动紧密结合。自然科学是在人的理性思维与实验相互作用中产生和发展起来的,思维结果依赖于实验的验证,实验活动又依赖思维的指导。思维活动和实验活动的相互作用,推动自然科学的发展。例如相对论和量子理论的建立,就是“以太漂移”和“紫外突变”两个实验推动的结果。② 具有特定的研究方法。自然科学的发展,已形成一套系统

的研究方法体系,即自然科学方法论,包括获取感性知识的观察和实验方法,进行理论思维的归纳与演绎、分析和综合方法,建立理论体系的公理化方法,以及系统方法、信息方法、控制方法和各种现代综合性方法。

③ 具有特殊的组织形式。是指对自然科学的研究形成了规模巨大的集体研究组织,包括具有强大技术基础的大型科学研究所和实验室,从而使科学活动成为现代化工业劳动,并需要雄厚的物质基础和昂贵的仪器设备支持。

三、自然科学的社会作用

自然科学约 400 年前才开始取得独立地位,现代自然科学至今也只有百余年的历史,但它对人类社会的发展产生了十分巨大的影响,主要表现在以下几个方面:

(一) 自然科学是知识形态的生产力

自然科学属于生产力,它能够极大地提高社会生产力的整体水平,推动社会的进步和发展,这是现代自然科学最基本的社会功能。

自然科学主要通过向生产力三要素的渗透,来体现出它的生产力属性:① 通过教育的途径,使劳动者掌握新的知识和技能,从而提高其劳动能力;② 通过技术发明的途径,使自然科学成果不断转化为新的生产工具,应用于生产过程;③ 通过新技术、新工艺,扩大劳动对象的范围,提高劳动对象的质量;④ 通过提供新的、合理的社会组织和管理方法,实现更广泛的协作。

自然科学作为生产力,是以知识形态出现和存在的,除具有渗透性能外,还有明显的潜在性、馈赠性和储备性。所谓潜在性是指自然科学是知识体系,而不是特定的技能,只有通过技术等中间环节,才能进入生产过程,变为直接的现实生产力,同时由于经济、社会等条件的限制,也需要待条件成熟时才能转化为物质生产力。馈赠性是指当自然科学偿还了由于发现它所耗费的代价,就会一劳永逸地被社会所使用,推动生产力的发展,这种馈赠性可以持续几百年、几千年甚至千万年。自然科学由于是一种知识形态,不像工具那样可以直接利用,往往有一个储备过程,这种储备性,除表现为从其理论的产生到实际应用有一定的时间间隔外,还表现为这种理论以后可以随时再认识应用到实践中去,有着永远储备的作用。

自然科学进入生产过程,扩大了人类对自然界的利用、支配和改造能力,使传统生产方式不断更新,新的生产领域不断开辟,社会生产力不断发展。17 至 18 世纪经典物理学体系的建立,促进了以蒸汽机使用为代

表的第一次产业革命。19 世纪中期,电磁学理论的创立,使人类进入了电气化时代。20 世纪初,现代物理体系的形成,深刻地揭示了物质、运动和时间之间的统一性。人类对物质的认识从宏观向微观和宇宙扩展,由此,电子学、半导体、固体物理、激光、计算机、自动控制等新的科学与技术的发展,标志着人类社会开始进入信息化时代。

自然科学作为生产力,越来越显示出巨大的作用,邓小平(1988)提出了“科学技术是第一生产力”的论断。其主要依据是:科学技术成为生产诸要素的主导要素,成为决定生产力发展的第一要素;现代科学技术的明显超前性,是科学技术成为第一生产力的客观依据;现代经济发展中,科学技术已成为主要的驱动力;高科技及其产业的崛起和发展,是“科学技术是第一生产力”的重要体现。

(二) 自然科学对现代经济的发展有巨大的推动作用

对于现代经济社会的每一重大突破,自然科学技术的进步都起到了关键的作用。自然科学对经济的推动作用是通过多种途径实现的:首先是通过经济工作者的影响,为经济理论的形成和发展提供新思维方式和研究手段;其次,通过科学→技术→生产的过程,有力促进经济的发展;第三,通过资源开发深度、广度的增加,经济管理的科学化和产生的信息效果,改善经济发展的条件。

当今科学和技术的进步,使经济发展对其依赖程度大大增加。商品的技术密集程度越来越高,20 世纪 80 年代以来,物化在产品、商品中的科技含量达到了高集聚的程度。第二次世界大战后产品的科技含量每隔 10 年增长 10 倍。在 20 世纪中,50 年代,代表性产品钢材的每千克科技含量不到 1 元;60 年代,代表性产品汽车、洗衣机、电冰箱,每千克科技含量是 30~100 元;70 年代,代表性产品微机的科技含量是每千克 1 000 多元。20 世纪末期,随着高科技产业的发展,其代表性产品首推软件,它没有什么重量,科技含量却极高,若以每千克价格计算,其科技含量将比 70 年代提高千倍、万倍。科学技术应用于生产的周期愈来愈短,如 19 世纪,电动机从发明到应用共用了 65 年,电话用了 56 年,无线电通讯用了 35 年;到 20 世纪这种时间间隔大大缩短,如雷达从发明到应用约 15 年,电视用了 12 年,从发现核裂变到制成反应堆仅用了 4 年,集成电路从无到有仅用了 2 年,激光器仅用了 1 年。特别是电子技术问世后,其变革速度明显加快,其中电子计算机技术的发展是最典型的代表,从 1973 年研制成功第一台微机处理机到目前已更新了五代。

现代科学技术已成为影响经济增长的决定性因素,激烈的经济竞争

已成为科学技术的竞争。

（三）自然科学是促进社会发展的革命力量

自然科学的进步,必定形成巨大的生产力。生产力是人类社会发展中的决定因素,生产力的发展必将引起生产关系的变革和社会形态的变更。马克思把科学看成是“一种在历史上起推动作用的、革命的力量”。

生产工具是自然科学的“物化”,而生产工具的发展状况又是社会生产力水平高低的标志。从人类社会的发展史看,从原始社会发展到奴隶社会,再发展到封建社会和资本主义社会,都是由于科学技术的进步、生产工具的革新和社会生产力的发展,致使旧的生产关系不能适应生产力的发展需要,从而被新的生产关系所取代。如蒸汽机的广泛使用,实现了生产的机械化,从而使资本主义的工厂制度彻底取代了封建社会的工场生产制度,促进了资本主义制度的建立。

（四）自然科学对人类思想文明的进步起着巨大的推动作用

自然科学的不断发展,已成为人类不断更新观念、建立新的思维方式、形成正确世界观的重要基础和源泉。

1. 自然科学是人类一切思想的基础

自然科学是人类在认识自然和改造自然的长期实践中创造积累起来的精神成果,它帮助人类探索未知,创造新知,改变人类无知、愚昧、盲目的状态;为人类认识世界和改造世界提供科学的手段和方法;帮助人类解释和说明事物;提高人类对事物的预测能力。因此,自然科学的进步,也为社会科学对社会的认识、思维科学对思维的认识提供知识基础和方法。不同时代人类的哲学思想和思维方式之所以不同,一个主要原因就是不同时代有不同的科学,正如马克思说过,“自然科学是一切知识的基础”。

自然科学的思想方法已越来越广泛地渗透到自然科学以外的领域中去,并在这些领域获得了日益重要和卓有成效的应用。现代科学技术的进步,不仅为人类认识自然和改造自然提供更加有力的工具,也为一切科学认识提供越来越强大的研究手段。

2. 自然科学提高了人类认识世界的能力,是人类破除宗教迷信、摆脱无知状态的根本思想

当人类对自然规律还处于蒙昧状态时期,自然界主宰着人类。经过长期的劳动实践,人类不断地积累生产技能和经验。当人类把自己掌握的生产经验上升到理性知识的时候,才能够逐渐摆脱愚昧,从而正确地去认识自然,并指导自己去改造自然。

自然科学的发展能够战胜宗教神学对人类思想的束缚,是破除宗教