

高 等 学 校 教 材

自然科学发展概要

*The Essentials of Natural
Science Development*

主编 李训贵 陈永亨



HIGHER EDUCATION PRESS
高等教育出版社

高等学校教材

自然科学发展概要

The Essentials of Natural Science Development

主 编 李训贵 陈永亨

副主编 (按编写章节排序)

袁文俊 郭康贤 陈亿新

缪绅裕 樊军辉 潘安定

黄 勇



HIGHER EDUCATION PRESS

高等教育出版社

内容简介

自然科学发展概要是广州大学的十位教授、博士为人文社会科学学生开设的通识教育课程。本教材系统地介绍了数学、物理学、化学、生物学、天文学、地球科学、环境科学和计算机科学等学科的发展历史、前沿研究问题、典型的重大科学理论和科学技术发明以及学科未来的发展方向和趋势。对人文社会科学学生提高自然科学素养,学习和掌握自然科学研究的思维方法培养综合性人才具有深远的意义。

本教材主要作为人文社科学学生的选修教材,也可作为自然科学各学科本科学生的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

自然科学发展概要 / 李训贵, 陈永亨主编. —北京:
高等教育出版社, 2006. 8
ISBN 7-04-020156-9

I. 自... II. ①李...②陈... III. 自然科学史—世界—高等学校—教材 IV. N091

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第096792号

策划编辑	肖形岭	责任编辑	李聪聪	封面设计	王 晔
版式设计	韩璐儿	责任校对	陈 莲	责任印制	陈伟光

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58582141
社 址	北京市西城区德外大街4号	网 址	http://www.hepsd.cn
邮政编码	100011		http://www.hep.com.cn
总 机	010-58581000		

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

开 本	787×960 1/16	版 次	2006年8月第1版
印 张	23	印 次	2006年8月第1次印刷
字 数	400 000	定 价	33.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究
物料号 20156-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897 / 58581896 / 58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010) 58582141 58582135

人们常说：科学教人求真，人文教人求善，艺术教人求美。

这里所说的科学，包含了数学、自然科学、技术科学以及医药卫生农林渔牧等，通常叫理工科，也常叫做自然科学。

这里所谓人文，通常指各种社会科学以及语言文字学科；广义一些，也可以包括文学艺术、音乐美术等学科。广义的人文包含艺术，广义的善也就包含了美。

因此，也可以概括地说：科学求真，人文求善。

求真，就是要认识客观事物的真实面目，了解自然界变化发展的规律。求善，就是希望做事有利于人们生活舒适愉悦，有利于社会公正、和谐、进步，有利于国家繁荣富强与人类和平发展。

求真求善的基础。如果不了解自然界变化发展的规律，就不知道何以求善，就没有力量求善，就会南辕北辙，好心办不成好事。

中国古代，说起人的修养和成长，有 8 条要领，叫做“格物、致知、诚意、正心、修身、齐家、治国、平天下。”所谓“格物，致知”，就是要研究客观事物及其规律，要认识与掌握客观事物的规律；用今天的话说，就是要了解自然科学，有些科学素养，也就是求真。这 8 条里把“格物，致知”放在最前面，就是说这两项是基础，是个人发展的基础，是做好家事、国事的基础，是一切事业发展的基础。

在科学技术高度发达的今天，关于人才培养特别是高等教育，已形成提倡文理交融全面发展的共识。不少理工科大学提倡学点人文知识，重视人文素养，培育人文精神；反过来，人文专业的同学也有必要多知道一点儿自然科学的历史、现状以及科学技术知识，领略一些科学思维和科学方法，力求在想问题和做事情时多一些科学精神。

正是本着这一认识，广州大学自 2002 年以来，为人文专业的同学开办了总题目为“自然科学发展概要”的系列讲座。这些讲座由不同领域的专家教授主讲，内容丰富生动，深入浅出，颇受大家欢迎。本书就由这些讲座的讲稿整理改

编而成。全书十章，第一章讲述自然科学的构成和一般特征，最后一章是对新世纪科学研究的展望。其余八章的主题，分别为数学、物理学、化学、生物学、天文学、地学、环境科学和计算机科学。

聆听这些讲座或阅读这本教程，在较短的时间里，不仅能对自然科学和现代技术的历史、对象、意义和成就的概貌有初步的了解，还能从有趣的科学发现的故事中得到启发，从科学泰斗的事迹中汲取力量。

这门课程，为人文专业的同学提供了至少包括四个方面的科学教育，就是科技知识的教育、科学思维的教育、科学方法的教育和科学精神的教育。

科技知识是生产力发展的源泉。“科学技术是第一生产力”。蒸汽机的发明，推动了第一次工业革命的出现；对电磁现象的研究和应用，则导致了第二次工业革命；图灵自动机的理论创新和半导体的发现与应用，是当代信息技术革命的基础。科技知识推动生产力发展的例子不可胜数。今天，纳米科技、生命科技、空间技术以及环境科学的累累硕果，必然会推动人类社会更为巨大、更为深刻的进步和变革。没有科学发现、发明创造，就没有社会的进步。

科学思维是正确思维的基础。科学思维的形式，包括以观察实验为基础的归纳逻辑推理、以计算推导为基础的演绎逻辑推理以及基于直观类比推广的发散性似然推理。基于事实的归纳逻辑推理，保证了科学研究基础的现实性和可靠性；严密的演绎逻辑推理，保证了思维前后的一致性和连贯性，能够最大限度地消除矛盾和谬误；发散性的似然推理，对科技的创新常常有重要的启发。值得特别一提的是，作为正确思维基础的演绎逻辑推理，即公理化的思想，对西方文明和近代科学思想产生了极其深刻的影响。欧几里德的《几何原本》，是用公理化思想发展一门科学的经典范例，许多科学家都是仿此建立自己的科学体系，其中最著名的是牛顿的《自然哲学的数学原理》。《几何原本》的公理化思想甚至在人文学科也有重要的影响。马克思的名著《资本论》、杰弗逊起草的美国《独立宣言》，都表现出公理化的风格。

科学方法是事业成功的前提。科学方法是科学知识按照科学思维而付诸实施的行为。显然，这就有可能保证行为是正确的，实施是成功的。方法是重要的。“工欲善其事，必先利其器。”办事，总得有方法，方法体现着知识，体现着思维，离开知识与思维的方法是不存在的。自然科学的各个学科在长期的发展过程中，形成了既有共性又有个性的方法系统：观察实验的设计操作方法、推导演绎的分析综合方法、数据处理的计算模拟方法等。这些方法不仅在自然科学研究和工程技术实践中被证明行之有效，在人文学科领域也并非没有用武之地。近几十年来，用数学方法研究经济学的成果一再获得诺贝尔奖，就是有

说服力的例子。

科学精神是求真的精神，这是科学的精髓。科学精神体现在科学家的思维方式、研究方法、工作态度之中。比如严谨：不马虎、不独断、求客观、求公正；比如实证：信事实、重数据、不唯上、不从众；比如创新：求发现、提假说、探规律、建理论。无论是学习和工作，不管是理科或文科，大事小事，各行各业，都需要科学精神；迷之者挫，逆之者亡。我国目前所急需提倡的，应当大力宣扬的，就是科学精神，就是不欺人，不骗己，不蔽上，不蒙下，不搞“数字化”游戏，不搞“水”货，认认真真、老老实实，向人民负责的科学精神。

科学人文是相通的。科学求真，人文何尝不求真？人文求善求美，科学何尝不求善求美？科学家为真理献身，是大善；科学结论崇尚简洁深刻，是大美。愈靠近科学，愈信科学之真，愈觉科学之善，愈感科学之美。

反过来，卓越的科学家多重视人文精神。爱因斯坦说：“物理的创新是有限的，而艺术的创意却是无限的；物理给我知识，而艺术给我灵感。”杨振宁在清华读书时，曾用两个暑假的时间，专门补习了《孟子》。他说，一生在科学研究上取得的不少成绩，都与在清华所受到的人文精神的熏陶分不开。

科学为人文奠基，人文为科学导向，两者不同而和，相辅相成。

现代科学技术的高度发展，使人们更加认识到人文精神的重要。

科学研究的主题越来越深刻，越来越接近事物的本质。古老的领域在深化，新兴的领域在开拓，不同的领域在交叉，新的现象不断被发现。没有艰苦卓绝的理念，没有洞察本质的灵性，又怎么能适应科技如此纵深广泛的发展？

科学研究的方向及科技成果的应用越来越难控制。一项科技成果可以为人类造福也可以带来灾祸。高科技已成为双刃剑。发明炸药的诺贝尔早已清楚地看到了科技成果的两面性。这个矛盾今天更加尖锐。特别是像核工程、基因工程这样的科技成就更是如此！塞翁得马，安知非祸？

科技应如何发展，发展结果将是如何，不能不令人忧虑深思。

因此，科学需要人文的导向。科技以人为本。科学在呼唤人文。

更多地了解自然科学，也就会更深刻地认识到自己今天所学的和将来可能从事研究的人文学科的意义。果然如此，就是对本书编者们的最好的鼓励和安慰。

中国科学院院士 张景中

2005年7月12日

人类社会发展到 20 世纪末期，知识经济时代已经初现端倪。科学技术的飞速发展带来了知识信息的爆炸式发展，人类学习和接受信息的方式必须调整和改变，以适应时代发展的需要，传统的教育方法和手段受到了空前的挑战。作为高等教育的主体，大学本科教育的改革和创新成为我们不得不面对的课题。随着 21 世纪的到来，社会经济更加空前繁荣，科学技术进一步融合、渗透，其规模和层次不断拓展和深入。当代科学面临的挑战也越来越突出，首先社会经济的快速发展带来的人类生存环境的不断恶化；其次科学技术突飞猛进，日新月异，对高技术评估构成一定的难度；第三是科学与人文发展的不平衡。这些问题将成为影响和制约未来科学发展方向和特征的主因。

作为高等学校教育主导者的教师以科学的敏锐目光和历史责任的思考，针对当前我国高等教育的现实，提出了在本科教育课程中开设通识课程的建议，并付诸实践，对人文社会科学学生全面开设自然科学发展教育课程，具有重要意义。

我国作为一个发展中的大国，高等教育快速发展，在较短时间内从精英教育向大众化教育转变。大众化高等教育最基本的特征就是通识教育、素质教育。通识教育是一种教育理念，是对狭窄的专业教育思想的反正，是对教育本质认识的深化，是对加强文化素质教育政策的深入和落实。尤其是我国长期受苏联教育模式的影响，学科的分类愈来愈细。加之高考的激烈竞争，中学时代过早地进行文理分科教学，导致人文社会科学学生的自然科学背景知识的缺口愈加明显。在大学低年级阶段，给学生适时补充一些数学、物理学、化学、生物学、天文学、地球科学、环境科学和计算机科学等自然科学基本知识，完善本科学生的知识结构，对于学生面对竞争激烈的未来社会，适应社会发展的大趋势，承担起建设国家未来的重任，具有积极的意义。对于加强普通高校文科大学生的科学素养的培养，提高整个民族的科学文化水平具有积极的推动作用。

实际上，国际上著名的大学，如美国的哈佛大学、斯坦福大学、麻省理工学院等，在他们成功的教育发展中都非常重视通识教育。哈佛大学通识教育的经验证明，科学技术的飞速发展是促进通识教育发展的主要因素。因为任何人都不能

预测新科技将如何影响未来劳动力所必须的技能 and 知识。面对未来的最好准备，不是为某个具体职业而进行训练，而是提供给学生以能适应不断变化世界的一种教育。

相信通过该课程的学习，一定能够提高人文社会科学学生对自然科学的兴趣，激发他们学习、了解、探索自然科学的热情，了解自然科学发展的基本规律和特征，学习自然科学研究的思维方法和自然科学发明创造的基本要素，为培养综合适应性强的社会发展复合型人才奠定基础。为此，我作为一名高等学校的教育工作者感到由衷的欣慰，这是我国高等教育改革的希望，也是中国教育事业希望。值此《自然科学发展概要》出版之际，特写以上文字，以表祝贺。

中国工程院院士 周福霖

2005年8月6日

前言

随着人类知识的加速积累和科学技术的飞速发展，自然科学各学科之间、人文社会科学与自然科学之间相互渗透、相互融合、交叉整合的趋势愈来愈明显，教育作为知识传播的主要手段和方式，要“面向现代化、面向世界、面向未来”，以适应人类社会文明发展需要。而加强通识教育是当前教育改革的趋势。通识教育作为一种教育理念，是对教育本质认识的深化，是对狭窄的专业教育思想的反正，是我国教育改革中对重视文化素质教育的深入和落实。通识教育旨在培养学生丰富的科学知识背景和完善的人格特质，使学生具有适应未来并创造未来的能力。

由广州大学目前各学科的教学科研骨干（全为教授、博士）组成的编写组，针对人文社会科学学生的特点，编写了《自然科学发展概要》教材，并对全校人文社会科学学生进行讲授。与现有的其他自然科学知识教材注重介绍自然科学的基本知识，偏重于其哲学意义相比，《自然科学发展概要》的内容立足于简明扼要地介绍自然科学中数学、物理学、化学、生物学、天文学、地学、环境科学和计算机科学等学科的发展历史、前沿研究问题、学科典型的重大科学理论和科学技术发明以及学科未来发展的方向和趋势。本教材在保证各学科科学性的同时力求通俗性、趣味性、生动性。在编写形式和逻辑关联方面充分考虑到文科学

生的特点，通过本课程的讲授和学习，力图激发人文社会科学学生学习、了解与探索自然科学的兴趣和热情，促进他们对人文社会科学和自然科学的研究方法进行对比和思考，以培养其科学精神和素养，从而完善其人格，增强其能力。

本书前言和第一章由陈永亨、李训贵编写；第二章由袁文俊编写；第三章由郭康贤编写；第四章由陈亿新编写；第五章由缪绅裕、易祖盛编写；第六章由樊军辉编写；第七章由潘安定编写；第八章由陈永亨、杨春霞编写；第九章由黄勇编写；第十章由陈永亨、陈亿新编写。全书由李训贵和陈永亨统稿、定稿。

本书在审稿过程中得到何育赞、李文林、陈蒲生、邓文基、曾志、付建龙、吴中亮、叶创兴、林钦畅、彭青玉、李保生、黄镇国、盛国英、党志、杨路、朱思铭等教授的大力支持和指导，并对书中各章节的修改提出了具体的意见，在此表示衷心感谢。

本书编写过程中得到本校中国科学院院士张景中教授的关心和支持，欣然为本书作序，并亲自承担了本课程开课的第一讲。本校中国工程院院士周福霖教授也为本书作序，给予编写组大力支持，在此一并致以由衷的感谢。

教材编写中获得广州大学教材出版基金和广州市委组织部专家出版基金资助。高等教育出版社综合分社肖彤岭社长、张华副社长、李聪聪编辑对教材的出版做了大量认真、负责的工作，在此对他们的辛勤劳动和支持表示衷心感谢。

限于编者的水平和能力，书中难免出现遗漏和错误，敬请读者批评指正。

李训贵 陈永亨

2005年7月于广州

主编简介

李训贵，女，理学博士，教授，硕士研究生导师，享受国务院政府特殊津贴专家。曾任广州大学副校长，2000年国际核废料回收和利用大会的科学委员，现任广州城市职业学院院长。长期从事理论物理和高等教育管理的教学与科研工作。曾获国家教学成果二等奖，广东省教学成果一等奖，广东省科学技术一等奖。在揭示量子力学对称性的规律和深刻内涵方面的成果具有创新性；在教学改革方面的成果推动了综合性大学学科专业的建设和人才培养模式的改革，在构建地方综合性大学的人才培养体系，促进大学的跨越式发展中发挥了积极作用。

陈永亨，男，理学博士，教授，博士生导师，享受国务院政府特殊津贴，广州大学副校长。曾获中国科学院自然科学奖二等奖，广东省自然科学奖一等奖，广州市科技进步三等奖，广东省环境保护科学技术二等奖。获广东省优秀中青年专家，广州市优秀专家，广州市模范教师，广州大学首届“十佳教师”称号。

目前主要研究方向环境化学，重点研究稀有分散元素铈及其重金属元素在开发利用过程中的环境化学行为、污染状况和痕量检测以及治理技术。

录

第 1 章 自然科学的性质、结构、功能及其发展趋势 /1

1.1 自然科学的研究对象和基本特征 /1

1.2 自然科学的体系结构 /4

1.3 自然科学的社会功能 /10

1.4 自然科学发展的趋势和特点 /12

第 2 章 数学的发展与展望 /20

2.1 数学的概念、特征和作用 /20

2.2 数学的发展简史 /29

2.3 数学的展望 /49

第 3 章 物理学发展概要 /56

3.1 基本概念 /56

3.2 经典物理学 /58

3.3 现代物理学 /74

3.4 原子核与基本粒子 /81

3.5 低维半导体物理 /85

3.6 物理学的展望 /87

第 4 章 化学的发展与成就 /90

4.1 化学的学科分类 /90

4.2	化学中的交叉学科和现代化学的热点研究领域	/100
4.3	现代化学的发展	/116
4.4	21世纪化学的作用和地位	/130
第5章	生物学的过去、现在和将来	/138
5.1	基本概念	/138
5.2	生物学发展简史	/144
5.3	现代生物学的几个重大进展	/150
5.4	生物学的展望	/173
第6章	天文学的发展	/180
6.1	天文学简介	/180
6.2	天体物理学发展前沿	/188
6.3	当代天文学成就与展望	/207
第7章	地球科学分支及其发展概要	/217
7.1	基本概念	/217
7.2	地学分支学科简介	/222
7.3	我国当代地球科学研究展望	/249
第8章	环境科学的形成与发展	/257
8.1	有关环境科学的基本概念	/257
8.2	环境科学领域重大研究问题	/263
8.3	解决重大环境问题的对策	/282
8.4	全球环境问题的趋势	/289
8.5	中国的主要环境问题与对策	/291
第9章	计算机科学的诞生和发展	/301
9.1	计算机的诞生	/301
9.2	计算机的工作原理	/313
9.3	今天的计算机	/323
9.4	计算机的未来	/337

第 10 章 21 世纪科学研究展望 /345

10.1 物质科学展望 /346

10.2 生命科学展望 /347

10.3 地球与环境科学展望 /348

10.4 人脑的结构、功能与认知研究展望 /349

10.5 自然科学向传统社会科学研究的领域发展展望 /349

第 1 章

自然科学的性质、 结构、功能及其发展趋势

1.1 自然科学的研究对象和基本特征

1.1.1 自然科学的研究对象

“科学”这个概念不仅包括获得新知识的活动，而且包括这个活动的结果。科学既是认识世界的一种方式，也是反映客观世界本质和规律的一种知识体系。人们往往把科学比拟为一座宏伟的、内容丰富的、结构严密的知识大厦。而自然科学、社会科学、思维科学、哲学科学等学科乃是构成人类知识大厦的基本组成部分。

自然科学的研究对象包括物质世界的基本粒子、原子、分子直至天体，生物界的微生物、植物、动物及人类。凡是客观存在的事物，均属于自然科学研究的对象。恩格斯 (F. Engeles) 指出，由于物体和运动是不可分的，自然界中实际存在的一切客体的性质和种类只有在运动中才能认识。“自然科学只有在物体的相互关系中，在物体的运动中观察物体，才能认识物体，所以，对这些不同运动形式的探讨，就是自然科学的主要对象”。

今天，虽然自然科学的物理、化学、生物学、天文学、地学和其繁多的技术科学与工程技术已经涉及整个客观世界，但是自然科学所关注的仍然只是自然界中各种具体现象、各种具体事物、各个特定层次及领域的本质和运动规律，自然科学不可能从整体角度去研究自然界。自然科学作为一个科学门类，是由一系列的具体学科，如数学、物理学、化学、生物学、天文学、地学、材料科学、能源科学、空间科学、农业科学、医学科学等组成的。自然科学不过是这类具体学科

的一个总名称而已。那么自然科学的研究对象，实际上是各门具体的自然科学研究对象的总和。

从人类认识能力和对知识的积累以及对科学技术的掌握、实践与发展趋势来看，自然界的一切物质及其运动形式都是可知的，它们终究会成为自然科学的研究对象。自然科学的研究对象实际上可分为两类，即现实的研究对象和可能的或潜在的研究对象。现实研究对象是指人们依靠自身的肢体、感觉器官、思维器官，以及现有的科学仪器和装备能够感知到的那些自然物、自然现象。除了这些已经能够被人感知的自然物外，自然界中客观存在的其他的一切物质及其运动形式，统统可以称之为自然科学的可能的或潜在的研究对象。毫无疑问，随着科学实践活动向纵深发展，随着人们智力的发展，以及所掌握的科学工具和科学知识的增长，将会有越来越多的可能的或潜在的研究对象转化为现实的研究对象。由此可见，对“自然界”的认识不是一成不变的、死板和封闭的，而是不断开拓、日益扩大和发展的。任何时代对自然科学的认识都客观地受到当时时代条件的制约和限制。例如，原子、基本粒子、河外星系等，在人类诞生之前就已经存在，但在19世纪前，由于当时的社会无力提供感知这些自然物质的必要的科学仪器和手段，人类还不具备认识这些自然物质的本质和运动规律的基础条件，所以它们并不是自然科学的现实研究对象。20世纪以后，自然科学本身的发展不仅提出了需要观察和认识基本粒子和河外星系等自然物的要求，而且提出了观察和认识它们的物质手段（高能加速器、电子显微镜、云室、射电望远镜、电子计算机）。同样，相对论、量子力学等新学科的创立给人们提供了认识这些自然物的基础知识和研究方法。因此，20世纪以后有愈来愈多的微观客体、宇观客体进入了自然科学家的研究范围，成为自然科学的现实研究对象。特别是20世纪后半叶，计算机、核能发电、电视、超音速飞机、人造卫星、激光、生物工程、器官移植、网络通信等，这些100多年前连科学家们梦想不到的科学技术，逐步成为自然科学的现实研究对象。

总之，自然科学以各式各样的物质及其运动形式为研究对象，它随着人类知识的积累和对自然界认识的深化及技术手段的发展和更新而不断扩展和深化。人们开展自然科学研究的宗旨，就在于探讨各类物质及其运动形式的本质和物质间相互作用的规律，从而认识自然和了解自然，为人类的发展服务。

1.1.2 自然科学的基本特征

自然科学作为反映自然物质及其运动形式的本质和规律的一种知识体系，相对于人类其他类型的知识体系，具有自己的特征和属性。