



普通高等教育「十一五」国家级规划教材

人民教育出版社

ZIRAN
KEXUE
DAOLUN

自然科学导论

李春杰 / 著

- 自然是人类文化之根，是科学的不竭源泉。依靠科学，我们才理解了自然，依靠科学，我们才有可能改造自然、保护自然。
- 在人类文明史上，科学技术与人类的昨天、今天和明天都结下了不解之缘。
- 没有科学方法，人们很难认识自然界，也创造不出科学知识。

科学是人类文化之根，是科学的
不竭源泉。依靠科学，我们才
理解了自然，依靠科学，我们
才有可能改造自然、保护自然。
在人类文明史上，科学技术与
人类的昨天、今天和明天都
结下了不解之缘。没有科学
方法，人们很难认识自然界，
也创造不出科学知识。

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

自然科学导论

李春杰 著

人民教育出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

自然科学导论/李春杰著. —北京:人民教育出版社, 2011

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-107-23928-1

I. ①自…

II. ①李…

III. ①自然科学—高等学校—教材

IV. ①N

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 192545 号

人民教育出版社出版发行

网址: <http://www.pep.com.cn>

人民教育出版社印刷厂印装 全国新华书店经销

2011 年 8 月第 1 版 2011 年 11 月第 1 次印刷

开本: 787 毫米×1 092 毫米 1/16 印张: 28.5

字数: 420 千字 印数: 0 001~3 000 册

定价: 33.80 元

著作权所有·请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与本社出版科联系调换。

(联系地址:北京市海淀区中关村南大街 17 号院 1 号楼 邮编:100081)

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 现代教育论 (黄济 王策三主编) | 教育学概论 (石中英著) |
| 中学教育学 (班华主编) | 教育社会学 (吴康宁著) |
| 教育经济学 (靳希斌编著) | 教育经济学新编 (范先佐著) |
| 教育人类学教程 (冯增俊主编) | 教育法学 (尹力主编) |
| 学校管理学 (萧宗六主编) | 教育政策研究基础 (陈学飞主编) |
| 多元文化教育导论 (郑新蓉主编) | 学校健康教育概论 (王建平主编) |
| 现代课程与教学论 (黄甫全主编) | 现代教学论基础 (裴娣娜主编) |
| 现代教学论 (李森主编) | 教与学的策略 (张大均主编) |
| 教学艺术论 (李如密著) | 小学数学教学论 (马云鹏主编) |
| 中国教育史纲 (王凌皓主编) | 中国现代教育史 (李剑萍著) |
| 中国学校教材史 (吴洪成主编) | 外国幼儿教育史 (杨汉麟著) |
| 比较学前教育 (周采主编) | 心理学导论 (黄希庭著) |
| 教育心理学 (冯忠良等著) | 教育心理学 (张大均主编) |
| 智育心理学 (皮连生著) | 社会心理学 (章志光主编) |
| 发展心理学 (林崇德主编) | 儿童心理学 (朱智贤著) |
| 幼儿心理学 (李红主编) | 人际关系心理学 (郑全全 俞国良著) |
| 人力资源管理心理学 (朱永新主编) | 心理与教育测量 (郑日昌主编) |
| 学校心理咨询 (郑日昌 陈永胜主编) | 现代汉语教程 (周建设主编) |
| 中国现代文学史 (孔范今主编) | 中国当代文学史 (孔范今主编) |
| 数学思维方法 (王宪昌主编) | 自然科学导论 (李春杰著) |
| 管理沟通 (赵慧军主编) | 石版画研究 (李晓林等著) |
| 光与空间设计 (常志刚著) | 外部空间环境设计 (王铁著) |
| 丝网版画的语言探索 (张桂林等著) | 文字空间到视觉空间设计 (王铁著) |

序

实现中华民族的伟大复兴，使中华民族永远屹立于世界先进民族之林，是中华儿女的理想和追求。摆在全国人民特别是青少年面前的任务光荣而艰巨，完成这个历史使命需要大批掌握最先进的科学技术，同时具有广博知识基础的人才。知识基础过于狭窄，不利于年轻人学习先进的科学技术，不利于创新思想和创新能力的形成。当前，中学教育文理分科过早使大学生掌握比较全面的知识，建立较为宽泛的文、理基础就显得更加急迫。

一百多年来，自然科学与社会科学的迅猛发展，使各个学科的分类愈来愈专门化。因此，让文科大学生对自然科学有一个大概的了解，让理工科大学生对人文科学有一个大概的了解，都是十分必要而又有一定难度的事情。实际上，让理工科各专业的学生，对其他理科专业有一个大致的了解，也不是容易的事情。

长春师范学院李春杰教授十年前就开始了对文、理科学生讲授“自然科学概论”的尝试。他参考大量书籍和文献，撰写出了反映自然科学各领域曲折发展的历史和科研前沿的教材，并在授课过程中不断改进，不断深化已有的内容，终于形成了这本《自然科学导论》。

我曾多次到长春师范学院做科普讲座，与该校领导和教

师交流教学和教改的心得体会。我感到该校领导和教师兢兢业业,充满改革的活力和创新的愿望。我与李春杰教授相识多年,他勤奋、谦虚的治学精神和全面的科学文化素养,给我留下了深刻的印象。

这本包含自然科学历史、科技前沿知识、科学思想与方法、科学技术与社会关系等多方面内容的《自然科学导论》,在人民教育出版社的支持下,被列入“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”而出版,是一件值得祝贺的事情。它为在大学文科和理工科各专业中普及自然科学知识,介绍自然科学的研究方法,培养学生的创新能力,提高学生的科学素养,提供了一个很好的教本,同时也有助于形成一个有价值的教学模式。这本书的出版为我国高校自然科学普及教育的园地增添了一朵新的鲜花。相信在广大读者的帮助下,这朵鲜花会变得更加绚丽。

赵 峰

2011年6月

(赵峰先生系北京师范大学物理系教授、博士生导师,国家中学科学课程标准研制组组长,中国引力与相对论天体物理学会理事长)

著 者 说 明

当今社会，科学技术的发展可谓突飞猛进。以量子论、相对论、信息论以及 DNA 双螺旋分子结构的建立为代表的科学成就，为原子能、微电子、光电子以及基因工程奠定了理论基础，开辟了原子时代、信息时代和生物医学工程的道路。板块学说的提出，大爆炸宇宙模型的创立，更新了人类对地球和宇宙的认识观，为现代地球科学和宇宙科学的发展展现了新的前景。电话的发明，第一颗人造卫星的升空，孟德尔遗传规律的发现，第一台电子计算机的诞生，互联网的出现，克隆羊多利的降生……一方面，日新月异的科学发现和技术发明，迅速地改变着世界的面貌，它不仅带来物质财富空前的丰富多彩，推动着社会的进步，而且深刻地影响着人们的生产方式、生活方式、行为方式和思维方式。另一方面，科学技术与社会的发展，也产生了生态环境恶化、资源枯竭等一系列负面的问题，严重阻碍了社会的可持续发展。

然而，由于当代科学的专业化本质，各学科的界限十分明显，难以突出科学的整体性和各门学科之间的相关性，使学生无法形成对客观世界的完整认识。正如北京大学哲学系博士生导师、全国科学传播与科学教育专业委员会主任吴国盛教授在《大学科学读本》卷首语中所说：我们对科学的理解往往是肤浅和支离破碎的……对理科大学生而言，科学往

往就是那个狭窄的领域和特殊的工作方式；对文科大学生而言，由于几乎没有机会和能力进一步接受自然科学方面的训练，科学对他们只有一些模糊的印象和流行的信念。要建立全面和完整的科学形象，就必须提高自己的科学素养，扩大并深化自己对自然科学技术的认识，养成关注科学、技术与社会问题的习惯，形成科学的态度和价值取向，以解决自身工作、学习、生活和社会决策中遇到的问题，为终身发展奠定基础，为社会的可持续发展提供支撑。

为提高大学生素质，应对科学技术发展所带来的严峻挑战，我国不少大学在文科专业及部分理科专业开设了“自然科学概论”和“现代科学技术讲座”等课程。为了满足上述课程教学需要，我们在多年来进行教学改革的基础上形成了《自然科学导论》教材。该教材以高中水平的自然科学为起点，以科学本体论、科学认识论和科学方法论为线索，用科学哲学的概念建构内容体系。全书共分八章，前四章为科学本体论，通过自然科学的演进与发展、自然科学的学科视野、现代自然科学中的重大理论和自然科学与当代文明四个方面展现了各个时期实证科学的主要成果以及科学技术所带来的社会文明，并通过对物理学、化学、生物学、地理学和天文学等学科材料的分析描绘了一幅完整的自然存在并演化的“世界图景”。后四章为科学认识论和科学方法论内容，通过自然科学的本质与价值、自然科学发展的主要动因、科学认识与科学方法和自然科学的基本方法四个章节阐述了自然科学的特点、功能、人文内涵及发展动因，并介绍了自然科学的主要研究方法以及它们在科学认识中的作用，形成了对科学发现的知识及其本体论概括的反思和再认识。

2010年4月27日，教育部印发《关于成立第三届教育部高等学校文化素质教育指导委员会的通知》。7月，中共中央、国务院印发《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》，提出高等学校必须推动文理交融、提高大学生综合素质、促进大学生全面发展，以为中国特色社会主义伟大事业培养大批高素质专门人才和拔尖创新人才。11月29日，教育部高等学校文化素质教育指导委员会召开“高等学校文化素质教育开展15周年纪念大会”。本书根据上述文件和会议精神进行编写和修改定稿。本教材的内容、形式和体系划分具有以下几个特点。一是力求深入浅出、图文并茂。在教材中首次

出现比较生疏的概念、事例或主要科学家，若在内容中没有解释，都在章节后以阅读材料的形式加以注释，使教材内容更丰富、更具可读性。二是力求做到科学、技术与社会的互动。注意自然科学内容与人文及社会问题的紧密结合，使内容体现科学性、思想性和先进性的统一。三是力求体现科学精神与人文精神的统一。注意科学知识与科学精神、科学思想与科学方法的结合，以利于全面提高大学生科学文化素养。

在本书的编写过程中，作者参考了国内外许多专家、学者的论著、教材等有关文献资料。北京师范大学物理系教授、博士生导师赵峥先生审阅了全稿并为本书作序。人民教育出版社对本书的编写出版给予了大力的支持，有关编审人员为本书做了认真、细致的编辑加工和质量提高工作。对于所有提供帮助的单位和个人，在此谨致以衷心的感谢！

由于科学技术的发展日新月异，所以作者选择的内容有可能挂一漏万；且作者学识有限，有可能存在一些缺点和错误，诚恳地希望读者提出宝贵意见。

李春杰

2011年6月

目 录

第一章 自然科学的演进与发展 [1]

[内容提要] /1 [学习目标] /1 [关键词] /1

第一节 自然科学的萌芽与兴起 [2]

第二节 近代自然科学的产生与发展 [32]

第三节 近代科学革命产生的条件 [58]

第四节 现代自然科学的诞生与发展 [66]

[要点小结] /77 [思考与练习] /78 [拓展性阅读导航] /78

第二章 自然科学的学科视野 [80]

[内容提要] /80 [学习目标] /80 [关键词] /80

第一节 物理学——自然科学与现代技术的基础 [81]

第二节 化学——一门中心的、实用的和创造性的科学 [89]

第三节 生物学——按意愿改造生物，揭示生命的本质 [101]

第四节 地球系统科学——资源、环境和生态系统之忧思 [114]

第五节 天文学——宇宙总起源的猜测与证实 [130]

[要点小结] /143 [思考与练习] /144 [拓展性阅读导航] /145

第三章 现代自然科学重大理论 [146]

[内容提要] /146 [学习目标] /146 [关键词] /146

| 自然科学导论 |

第一节 时空观的革命——相对论	[147]
第二节 微观世界的探索——量子论	[164]
第三节 复杂性的探索——非线性科学	[182]
第四节 四大模型的建立——自然界的新图景	[192]
[要点小结] /206 [思考与练习] /206 [拓展性阅读导航] /207	

第四章 自然科学与当代文明 [209]

[内容提要] /209 [学习目标] /209 [关键词] /209	
第一节 信息技术与当代文明	[210]
第二节 新材料技术与当代文明	[221]
第三节 新能源、激光技术与当代文明	[232]
第四节 空间技术与当代文明	[249]
第五节 生物技术与当代文明	[257]
[要点小结] /266 [思考与练习] /266 [拓展性阅读导航] /267	

第五章 自然科学的本质与价值 [268]

[内容提要] /268 [学习目标] /268 [关键词] /268	
第一节 自然科学的本质	[269]
第二节 自然科学的研究对象——自然界	[280]
第三节 自然科学的社会功能	[294]
第四节 自然科学的人文内涵	[305]
[要点小结] /317 [思考与练习] /317 [拓展性阅读导航] /318	

第六章 自然科学发展的主要动因 [319]

[内容提要] /319 [学习目标] /319 [关键词] /319	
第一节 自然科学发展与哲学	[320]
第二节 自然科学发展与宗教	[330]
第三节 自然科学发展的社会条件	[336]
第四节 自然科学发展的内在因素	[345]

第五节 科学、技术与社会	[349]
[要点小结] /359 [思考与练习] /359 [拓展性阅读导航] /359	
第七章 科学认识与科学方法	[361]
[内容提要] /361 [学习目标] /361 [关键词] /361	
第一节 科学认识的过程	[361]
第二节 科学认识的理论建构	[369]
第三节 科学方法及在科学认识中的作用	[381]
第四节 科学方法的历史演变	[387]
[要点小结] /392 [思考与练习] /392 [拓展性阅读导航] /393	
第八章 自然科学研究的基本方法	[394]
[内容提要] /394 [学习目标] /394 [关键词] /394	
第一节 观察方法	[394]
第二节 实验方法	[403]
第三节 科学抽象	[412]
第四节 归纳与演绎	[422]
第五节 分析与综合	[429]
[要点小结] /435 [思考与练习] /435 [拓展性阅读导航] /436	
主要参考文献	[437]

在希腊哲学的多种多样的形式中，差不多都可以找到以后各种观点的胚胎、萌芽。因此，如果自然科学想要追溯自己今天的一般原理发生和发展的历史，它也不得不回到希腊人那里去。

——卡尔·马克思

第一章 自然科学的演进与发展

【内容提要】

自然科学作为一种探究自然界规律的特殊的社会文化活动，它经历了漫长的萌芽、发育和发展时期，至今已形成了众多并趋于成熟的学科体系。本章从古代、近代和现代三个时期阐述了自然科学的产生与发展，力图使人们能了解自然科学发展史的全貌。

【学习目标】

1. 了解自然科学的发展历程。
2. 了解古希腊、阿拉伯和古代中国对自然科学发展的贡献。
3. 掌握近代科学革命的社会文化动因。
4. 了解现代自然科学发展的主要特点。

【关键词】

科学 自然科学 古希腊 阿拉伯 古代中国 诞生 发展 科学革命

第一节 自然科学的萌芽与兴起

当人类进入有历史记载的文明时期以后，就诞生了自然科学。但是，古代自然科学没有独立形式，主要包含在哲学的文化形态之中，并称之为自然哲学。

一、科学的起源

科学的起源是与人类的起源密切相连的，如果以制造劳动工具能动地改造自然作为人类出现的标志，人类大约已有三百万年的历史。在漫长的原始社会里，人类在劳动中逐渐积累了关于自然界的知识，例如，制造石器要求人们摸索岩石的性质和对岩石进行加工的方法，农耕和畜牧要求人们了解并遵循动植物生长、繁育的规律等。这些在生产实践中产生并以经验形式存在于技术之中的自然知识，尽管是简单的、粗糙而零散的，没有上升到理性知识，更没有形成独立的、系统的知识体系，但毕竟是对自然事物和自然规律的一种反映，构成了自然科学萌芽的最早形式。

人类进入奴隶制社会以后，由于脑力劳动与体力劳动的分工、文字的发明与应用，自然知识开始以科学最初的形态出现，形成了古巴比伦、古埃及（如图 1.1 所示）、古代印度和古代中国的科学文明。在天文学方面，已知道

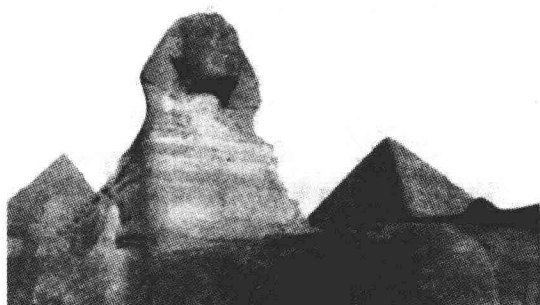


图 1.1 公元前 2500 多年的埃及金字塔和狮身人面像

（资料来源：赵峥著：《物理学与人类文明十六讲》，高等教育出版社 2008 年版，第 4 页。）

了恒星和行星的区别,能够测定太阳的视直径以及地球、月球的体积,并采用了一年为 365 天的太阳历;在数学方面,由于土地测量的需要,产生了几何学,能求出长方形、三角形、梯形和圆的面积,知道了勾股定理的实际应用,并能解一元一次方程;在医学方面,被视为古埃及医学大全的埃伯斯纸草书,内容十分广泛,记载了涉及肺病、眼病、皮肤病、妇科病、儿科病等 700 多种药剂;由于金属、玻璃、涂料的使用以及医药品的调制等,使化学知识也丰富起来。

随着公元前 8 世纪以后古希腊奴隶制的繁荣,公元前 1 世纪罗马帝国的建立,科学在古希腊和古罗马以自然哲学的形式,达到了奴隶制时代的高峰,逐渐形成了古代自然科学。但是,由于当时生产力水平比较低下,没有精密的科学实验,所以自然科学处于经验的描述和抽象的思辨和猜测中,且只限于天文学、数学、力学以及和人类生活密切相关的建筑、航海和医学等方面,并与哲学融为一体,没有形成独立的、系统的分门别类的知识体系。

二、古希腊——科学精神的发源地

(一) 对万物本原的探究

今日所谓的科学,不是一般的自然知识,它是在 16、17 世纪以来形成的,包含着对事物特定的看法、处理问题特定的方法和知识制造特定的机制的一种特定的意识形态。^①这个意识形态体系主要是在近代欧洲成长起来的,但其思想根源却来源于古希腊(古希腊版图见图 1.2)。古希腊不仅是科学精神的发源地,古希腊人所创造的光辉夺目的文化成就,也为现代文明奠定了基础。

在古代,人们对自然界的认识,是从探索自然界的“本原”开始的。对这个问题的解答,一开始充满了神话色彩。直到公元前 6 世纪左右,当时的古希腊人摆脱了神话传统,用自然因素对“本原”进行解释,才使理性登上了历史舞台。

古希腊最早的哲学家之一泰勒斯(Thales,公元前 624—前 564)认为,

^① 吴国盛著:《科学的历程》(第二版),北京大学出版社 2002 年版,第 54 页。

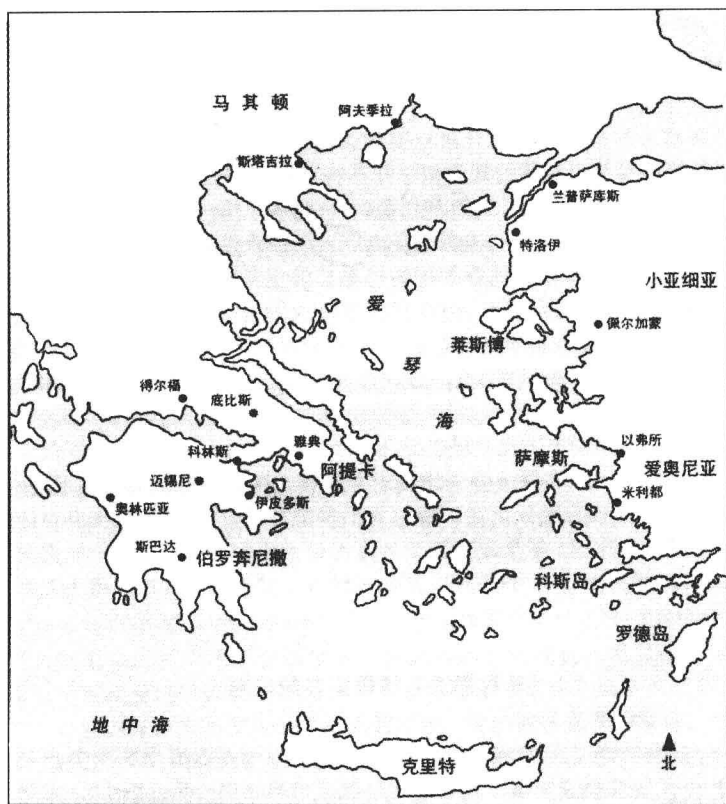


图 1.2 公元前 450 年的古希腊版图

(资料来源：吴国盛著：《科学的历程》(第二版)，北京大学出版社 2002 年版，第 55 页。)

构成宇宙万物的本原是水。从表面看来，一切都来源于水并不正确，但这一说法的意义却非常重大，它对后世科学和哲学的发展有导向性作用。首先，把大千世界的本原归结为一种具体物质的做法，能引起哲学上的怀疑论，这势必会促使人们理性地对客观事物进行思考，也是科学地对待自然界的第一个原则。其次，它开创了唯物主义传统，即力求从自然界本身说明自然界，排除了超自然因素的干扰。

泰勒斯之所以得出万物源于水的结论，可能是他意识到水对生命的重要性。因为万物中最神奇的莫过于生命，而水是生命要素中不可或缺的，它以云、雾、露、雨、雹等不同形态出现，滋润庄稼、养育动物，因此把水视为

万物本原，似乎是理所当然的。不过，泰勒斯可以以水立论，别人也同样可以出于其他考虑提出另外的主张。泰勒斯的门徒阿那克西米尼（Anaximenes，约公元前 588—前 525）认为万物的本原是空气，而齐诺弗尼斯（Xenophanes，约公元前 570—前 480）则认为土是万物的本原。稍后，赫拉克利特（Heracleitus，约公元前 540—前 480）又提出火是自然界万物的本原，并强调自然界处于永恒的变化之中，其著名的格言“人不能两次踏进同一条河流”就是其思想的反映。

从人们的感受看，水、气、土、火确实非常重要，作为万物的本原好像都有资格。正是由于意识到这一点，哲学家恩培多克勒（Empedocles，约公元前 493—前 433）博众家之长，提出了四素说，并认为这四种元素以不同的方式和比例结合起来，形成了丰富多彩的物质世界。

对古代自然科学产生最深刻影响是留基伯（Leukippos，约公元前 500—前 440）和他的学生德谟克利特（Democritus，约公元前 460—前 370）提出的原子论，即世界万物都是由最小的不可分割的微粒——原子组成的观点。后来，伊壁鸠鲁（Epicurus，公元前 341—前 270）继承并发展了原子论的观点，认为原子不仅有大小、形状和序列的不同，还有重量的不同，它们分离、组合、相互碰撞，构成万物。此观点虽无严密的科学加以证明，只是天才的自然哲学家的直觉，然而它是光辉的，具有很大的合理性，是现代原子论观点的胚胎和萌芽。

实际上，原子论的产生与希腊人缜密的逻辑思维是分不开的，尤其与名噪一时的芝诺悖论有关系。希腊的哲学家非常关注运动、变化问题，芝诺（Zeno，约公元前 490—前 425）曾运用思辨方式，提出了“运动是不可能的”这一似是而非的论断，这就是有名的芝诺悖论。经验告诉我们，运动是客观存在的，但芝诺的论证又无懈可击，那么问题出现在什么地方呢？人们发现，芝诺所有的悖论都是建立在空间和时间可以无限分割这一假说基础之上的，如果抛弃了这一可分性，芝诺悖论将不再成立。因此，从思想发展的逻辑来看，原子论者就是通过赋予构成物质的原子以不可分性来否定芝诺悖论的。大概在他们看来，承认原子不可分，虽然在逻辑上有漏洞，但比承认芝诺悖