

D X S W H S Z J Y S J W K

科学

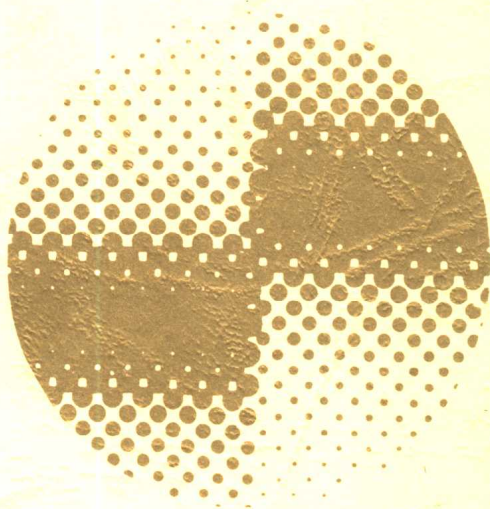


大学生文化素质教育世纪文库

顾问：叶嘉莹 范 曾

李建珊
编著

方法纵横谈



河南人民出版社

◎顾问 叶嘉莹 范曾

大学生文化素质教育世纪文库

科学方法纵横谈

◎李建珊 编著

河南人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

科学方法纵横谈/李建珊编著. - 郑州:河南人民出版社,2004.3

(大学生文化素质教育世纪文库)

ISBN 7-215-05313-X

I. 科… II. 李… III. 科学方法论 - 基本知识
IV. G304

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 094947 号

河南人民出版社出版发行

(地址:郑州市经五路 66 号 邮政编码:450002 电话:5723341)

新华书店经销 河南永成彩色印刷有限公司印刷

开本 890 毫米×1240 毫米 1/32 印张 8.125

字数 210 千字

2004 年 3 月第 1 版

2004 年 3 月第 1 次印刷

定价:17.00 元

大学生文化素质教育世纪文库
编委会

顾问	叶嘉莹	范 曾
编委会主任	陈 洪	马建标
编委会委员	刘 欣	沈亚平
	乔以钢	李瑞山
	王立新	杨 岚
执行主编	宁稼雨	
丛书策划	郑 荣	张前进

总序

随着我国经济和文化的迅猛发展,国民个人整体素质的提高已经是迫在眉睫的问题。这其中,大学生文化素质教育又是连接现在和未来的关键枢纽。时至今日,关于大学生文化素质教育的问题已经由要不要加强转入到怎样去加强才更加有效的问题上来。事实上,全国各地关于大学生文化素质教育的教学探讨已经如火如荼,方兴未艾。基于这样的前提,我们认为,大学生文化素质教育的探讨过程也就是它完善的过程,“与其临渊羡鱼,不如退而结网”,应当积极行动起来,用众多的网结,织成我们文化素质教育的大网。同时,大学文化素质课教材在总体精神明确的前提下,应当允许百花齐放,探讨各具特色的教材模式。经过一段时间的实践验证,再总结各家之长,进行合理集中,使之逐步趋于合理化、系统化、科学化。为此,我们策划组织了这套“大学生文化素质教育世纪文库”,作为新世纪普通高校文化素质教育课系列教材,并极力突出以下特色:

一、注重兼容性。我们认为,提高文化素质不仅仅是大学生的事情,也是提高全民素质的需要。我们这套教材的读者对象为在校大学生和社会上有提高自身文化素质修养需要的普通读者。所以在丛书内容的设计上,既考虑到大学生在专业知识学习的同时提高其他

学科领域文化素质修养的必要性,又为社会上普通读者希望提高文化素养提供指导性读物。

二、加强普及性。针对以上读者对象,本套教材从提高具有中等文化程度以上的非专业成年人的文化素质角度出发,安排知识内容和难易程度。具体来说,我们这套教材不是为专业学习者写的,而是为非专业人员提高和加强自己的文化素质修养而写的。我们不是以学院派的架式向读者去灌输各个知识系列,而是以轻松的笔调,将各个知识系列中的基本轮廓和闪光点呈献给读者,进而达到提高他们修养和素质的目的。

三、体现时代性。尽管我们这套教材是普及性的,但我们却丝毫不会降低本套教材的知识水准,尽量在教材中体现出各知识领域的时代性。所谓时代性首先体现在知识内容上。参加写作的作者都是在该知识领域具有一定造诣和影响的专家,他们既有所在知识领域的系统知识,又能站在时代前沿,会把该知识领域的最新知识以深入浅出的方式呈献给读者。时代性的另一方面体现在教材的多媒体形式上。我们这套丛书中将有相当一部分配附 CD-ROM 光盘,尤其是那些声音和图像内容较多的教材。书本与光盘相配合的教学形式使教师以更丰富多样的形式向学生展示教学内容,使用方便,信息量大,学生在课后的后续学习中也能很好地利用,有传统教材无法比拟的优势。

我们认为,加强素质教育是一个系统工程。从文化素质的领域来说,社会科学、自然科学都应当包括。尤其在社会科学当中,哲学、文学、历史、艺术等各方面知识都应当系统了解和掌握。从文化素质的结构来说,它既包括对某一知识领域的全面系统了解,也包括对该知识领域的理解评价和操作能力等。出于这样的考虑,本套教材以人文社科方面的内容为主,同时适当兼顾自然科学方面的有关知识。大体上分为三个系列:一是通识概览类,主要系统介绍某一知识领域

的基本轮廓;二是分析鉴赏类,主要对中外名著名篇进行分析鉴赏;三是操作技能类,主要介绍某些知识领域的技能技巧。我们希望通过这三个方面的整合,读者能够从中获得系统的知识,培养敏捷的思维、娴熟的技能,进而达到全面提高个人文化素质的目的。每册教材15万--20万字,与音像有关的专业尽量配有多媒体光盘,以便读者浏览更多信息。

我们荣幸地邀请两位德高望重的学者和艺术家,蜚声海内外的叶嘉莹先生和范曾先生作为本套丛书的顾问,具体参写人员主要为南开大学的有关教学人员。此外,南开大学和文学院的有关领导也对本套丛书的策划和编撰倾注了许多心血,谨向他们致以衷心感谢!至于教材中的疏漏和各种问题,责任则应由丛书主编和各册编写者承担。欢迎读者提出宝贵意见,以期使本套教材更加完善,使我国的文化素质教育事业日益繁荣昌盛。

我们由衷地希望,更多的大学生和普通国民,能够达到这样的文化程度:无论他学的什么专业,从事什么工作,在任何场合,听到一段小夜曲,他能立即分辨出这是舒伯特的,还是莫扎特的;看见一幅名画,他能一眼认出这是《最后的晚餐》,还是《伏尔加河纤夫》。他可以认出马远和夏圭的笔法所异,也能背诵李白和杜甫的诗篇;能懂得各种场合的衣着礼仪,也能引吭高歌,抒发情怀。倘能如此,我们的大学生和国民素质就达到了令人欣慰和自豪的程度。中华民族国民文化素质的提高,也就不再是一句空话。

丛书主编

2003年2月

目 录

第一章 现代社会需要科学方法	1
1.1 科学精神、科学传统和科学方法	1
1.2 自然科学与社会科学的解释模式	17
1.3 科学方法的历史沿革	22
1.4 方法比知识更重要	33
 第二章 寻找正确道路的智慧	 38
2.1 科学方法的特征	38
2.2 科学方法在科学研究中的作用	44
2.3 运用科学方法的条件和途径	49
 第三章 获得科学事实的方法	 60
3.1 科学观察	60
3.2 科学实验	72
3.3 科学事实	83
3.4 科学仪器的认识论角色	88
3.5 实验观察中的机遇	96

第四章 创造科学理论的方法	102
4.1 逻辑思维方法	102
4.2 创造性直觉与灵感	113
4.3 自然科学发展的形式是假说	126
4.4 理论评价及其原则	133
第五章 科学臻美方法	142
5.1 科学美逍遥游	142
5.2 科学美的形态美	153
5.3 审美逻辑方法	169
5.4 科学臻美推理	175
第六章 现代科学中的新方法	184
6.1 爱因斯坦对方法论的贡献	184
6.2 量子力学引出的新方法	194
6.3 横向科学研究结构与演化的普适方法	207
第七章 未来科学方法发展的趋势	216
7.1 方法和理论同步发展	217
7.2 跨学科趋势与科学方法	223
7.3 价值思考与知识创新	238
参考文献	248
后 记	250

第一章 现代社会需要科学方法

1.1 科学精神、科学传统和科学方法

世界著名的科学家爱因斯坦说过,“科学方法的背后如果没有一种生气勃勃的精神,它们到头来不过是笨拙的工具”。

我们的祖先因为偷吃了伊甸园的禁果,所以使得他们及其后代子孙得到了其他任何存在物所不具有的一种属性:智慧。当人类以强烈的好奇心面对这个世界时,刹那间的惊诧驱使他们产生了认识的冲动——认识自己、认识自然。而且,追求幸福生活的渴望也越来越使得他们感觉到,认识世界的必要。

几百万年来,自然界的神奇和绚丽,使人类产生了强烈的好奇心,科学便是这种探索的结晶。早期科学是包括常识、哲学、艺术、宗教等在内的一种人类把握世界的方式;当人类走进现代文明之后,科学则作为一种理性成果逐步成为人们认识世界的主导方式了。我们所说的“科学精神”、“科学传统”、“科学方法”便是自然界进入人们视野,成为我们的认识对象之后伴随着科学的进展所产生的。历史告诉我们,科学精神、科学传统和科学方法总会在科学和人之间建构

着千丝万缕的联系,并且它们相互渗透、相互包容、互相促进、共同发展。因此,我们要认识科学方法,也就必须全面地认识这些不可或缺环节。

一、科学精神

科学精神是贯穿并深藏于科学活动过程之中的内驱力和灵魂。离开科学精神,任何精神产品的创造,精神生产的进行,科学体制的建立,科学方法的形成,科学思想的发展都是不可能的。科学离不开科学精神,科学精神体现在科学生产中,兑现在科学的产品中,凝结在科学的体制中,体现并贯穿在科学的方法和思想中。所谓科学精神就是人们在科学活动中所具备的意识和态度,是科学工作者所应有的信念、意志、气质、品质、责任感和使命感的总和。从广义上来说,要提高民族整体素质不仅要求科学工作者具备科学精神,而且要求广大民众也应具备相当的科学精神,具备以严谨的科学态度对待生活中的人和事的素质。

2

科学精神是人对客观世界反映在科学认识上的投影,是人的认识活动在关注自然界的过程中,随同科学认识的发展,而逐渐从自然科学这棵大树上衍生的相对独立的精神模式。然而,科学史表明,有了自然科学,并不意味着科学精神的自然形成。科学精神是在近代自然科学发展的基础上,通过总结科学发展的规律,在科学实践中逐渐形成并不断完善、发展起来的。这种贯穿在科学活动始终的灵魂——科学精神,伴随着科学的发展,而日益被纳入了人们认识的视野。由此看来,我们需要先来认识什么是“科学”,这个孕育了科学精神、科学传统和科学方法然而又与之共生的母体。

“科学”在现代
人生活中几乎无
处不在

“科学”一词具有丰富的内涵,它是一个开放的、处于动态的概念。

“科学”一词源于中世纪拉丁文 *Scientia*,其本



义是“学问”、“知识”。12 世纪初,宇宙论者威廉首次明确提出“科学是知识”的思想。这种思想对后世的人们产生了深远的影响。此后,人们普遍认为科学是一种知识体系。我国 1979 年出版的《辞海》中就写道:科学是“关于自然、社会和思维的知识体系”。这种理解,从整体上看是对科学的一种静态的理解。

保加利亚学者伏尔科夫认为:“科学的本质,不在于已经认识的真理而在于探索真理。”“科学本身不是知识,而是产生知识的社会活动,是一种科学生产。”从某种意义上说,这表明了一种对科学的动态理解。英国科学家贝尔纳(J. D. Bernal, 1901 ~ 1971)则认为“科学在全部人类历史中确已发生如此重要的变化,以致无法下一个合适的定义”。贝尔纳在对科学进行了系统深入的研究后指出,完整意义上的科学至少包含五层含义:(1)科学是一种建制;(2)科学是一种方法;(3)科学是一种累积的知识传统;(4)科学是一种维持和发展生产的主要因素;(5)科学是一种重要的观念来源和精神因素,是构成我们诸信仰的最强大势力之一。爱因斯坦则说过,科学是“寻求我们感觉经验之间规律性关系的有条理的思想”,它“直接产生知识,间接产生行动的手段”。

至此,可以总结一下我们对科学理解:首先,科学是人类在自身认识活动当中的成果,是一个发展着的知识体系,是一种精神产品。其次,科学是人类特有的活动方式,是从事知识生产的人类的实践领域。它离不开独特的物质手段,与技术密切结合,但在本质上是一种精神的、智力的活动,是一种精神生产。再次,科学活动已经演化为一种社会建制,构成整个社会体制的一个重要组成部分。作为这种社会建制,它既是特定的科学思想、科学意识和科学方法的对象化、社会化,又是具体的科学思想、科学意识和科学方法进一步发展的客观社会基础。最后,科学是人类特有的文化方式和精神尺度,是科学方法、科学传统和科学精神的有机统一。在对科学的这些看法

中,人们的认识逐步推进,从科学知识深化到科学活动,进而又深化到科学体制、科学方法、科学传统和科学精神之中。

科学精神作为蕴藏于科学之中并作为其巨大的内在推动力,随着科学的迅猛发展,正在被不断地发现和揭示出来。

大自然本身
的合规律性

这也是我们能够进行科学活动的前提。但是,单单有这一前提,科学的产生和发展也是不可能的。探索求知的理性精神是科学赖以产生和发展的精神基础。可以说,科学基于自然的合规律性,始于人们的好奇心,导于自然的可理解性的理性信念,成于人们的精神智力活动。

日出日落,斗转星移,花开花落,季节变换,大自然绚丽多彩、千变万化的种种现象无不激发了人们的好奇心和寻求其中奥秘的欲望。当人们由此去探索,并试图观念地把握世界、理解自然时,科学就开始了它的历程,人类便开始了“人类心灵的壮丽探险”。没有这种好奇心和求知欲,探险就失去了内在动力,就不可能发现问题。没有了这种求知的动力,再多的苹果在你面前落地,你也可能无动于衷;即使你有幸第一次看到 X 射线的奇异荧光,也可能与其失之交臂。由此可见,好奇心和求知欲是人们开始进行认识活动的动力。而对事物之间因果性和规律性的理解,以及对自然界秩序和客观规律的不断认识的坚定信念则显得尤为重要。正是这种信念形成了科学理性精神的灵魂,从而指导并促成了科学的真正发生。人们把提出这种合规律性和可理解性的古希腊最早的哲学家泰勒斯(Thales, 公元前 624 ~ 前 547)称作是科学史上的第一人。爱因斯坦则指出:“要是不相信我们的理论构造能掌握实在,要是不相信我们世界的内在和谐,那就不可能有科学。这种信念是,并且永远是一切科学创造的根本动力。”“科学就是一种历史悠久的努力,力图用系统的思维,把这个世界中可感知的现象尽可能彻底地联系起来。说得大胆

一点,它是这样一种企图:要通过构思过程,后验地来重建存在。”求知欲和可知论的信念,是科学的理性精神和理性传统的灵魂。

科学的特点
是实事求是

依靠人的感官经验和科学仪器的验证,采取实践、认识、再实践的方法,不断揭示事物的本质和规律。这可以说是科学的支点了,用科学的术语我们也常常称之为科学的“实证原则”。它要求一切科学认识首先必须建立在充分可靠的经验基础上,以可检验的科学事实为出发点,运用公认的正确研究方法,完成科学理论的构建。它还要求,科学认识的结果可以并且必须经过科学经验和基础事实的检验(科学的“解释功能”),而且科学理论还必须通过将来事实的检验,即它要有一定的预见性或前瞻性(即科学的“预见功能”)。通俗地讲,就是说,科学认识始终是坚持“实践是检验真理的唯一标准”这个基本认识论原则的。

科学研究的目的是为了揭示事物内在的规律性、客观真理性,这是它的根本要求。因此,科学活动的指导原则,是不以人的主观尺度去度量世界,而是以寻求客观事物之间的规律为出发点。一切科学研究都必须从经验材料出发,而不是从已有的理论原则出发,都必须经过科学实验的验证,而不是随心所欲地建构理论、构造概念。英国思想家罗吉尔·培根(R. Bacon, 1219 ~ 1292)曾说“凡是希望对于在现象背后的真理得到毫无怀疑的欢乐的人,就必须知道如何使自己献身于科学实验”。以英国哲学家弗兰西斯·培根(F. Bacon, 1561 ~ 1626)为代表的经验论哲学家明确提出向自然学习的口号。此外,西方的逻辑经验主义也强调科学面向自然的实证态度。正是在这个意义上,我们要确立实验验证在求实原则里的重要地位。对此,马克思指出:“科学是实验的科学,科学就在于用理性方法去整理感性材料。”科学史告诉我们,19世纪末导致人类自然观的进一步变革的物

理学三大发现,即电子、放射性和 X 射线正是基于一系列的科学实验才得出的。

科学研究活动必须从实际出发,面对客观事实,勇于冲破传统观念的束缚,不唯书,不唯上,只唯实,即坚持实事求是的严谨态度。我们要善于辨别那些违背客观规律的诸如“水可以变油”、“辟谷能够长生”、“人能成仙成佛”等伪科学。“事实第一”的原则是我们区别科学与一切迷信和伪科学的划界标准。

科学是一个
动态体系

古人云:积疑起悟,渐博相通。古人又云:学贵知疑,小疑则小进,大疑则大进。怀疑精神在认识中的重要性可略见一斑了。

科学是一个运动着的体系。这是因为,人类的感官功能相对于这个多样性的世界是极其有限的,当人们还在嘲笑某种鸟类的眼睛只能反映三种颜色的时候,事实上,自然界同时也正在用她的表象和人们玩捉迷藏的游戏。因为在某种意义上,她也和人类一样,总是不愿轻易地把自己的“玉体”暴露在外。或许,是上帝还在生我们祖先的气,把原罪加到了我们的身上,所以才不愿轻易地把所有的智慧和洞察力赋予人类,因此,我们用理智描绘出的世界图景永远都随着我们认识和探索活动的不断深入而被一遍又一遍地刷新。久而久之,我们发现:科学的认识原来永无止境,科学不存在终极真理。

纵观科学的历程,我们发现,科学是在试探中前进的,科学的可检验性和科学实验的可重复性是确立科学事实的基石。在科学史上,日心说,化学中的离子理论,相对论等许多理论,在提出的初期,并没有立即被科学界和社会公众所广泛认同,这或许出于传统的保守,然而,更多的则是由于科学的理性要求重复性观测的事实或重复性实验来支持,新理论的深入人心须由科学事实加以辅助。在科学研究中,把可重复性作为重要的标准,以确认科学的发现和科学的理



论。而且,借助于这个原则,我们也同样可以把科学理论同科学假说、科学猜想以及伪科学区别开来。把可重复性实验作为验证的判据,强调科学的实证原则,事实上即蕴涵了怀疑的因子。

科学家深知,由于科学认识是一个阶段性的渐近积累的过程,加之认识能力的局限性,任何所谓的“真理”都是相对的。即使是以往所有的经验都说明了这样的事实,“天鹅是白色的”,也无法防止我们在澳洲或是什么其他地方发现了几只“黑天鹅”。另外,我们还要谨防那些具有极大普遍性的“第一性原理”,它们往往出自人们的常识性认识,与经验有着“毋庸置疑”的贴切,且总是十分“易领悟”(in-telligibility),渐渐地,我们的观念就为之征服,它们也自然而然地成为传统观念和科学认识的潜在背景。比如,从柏拉图(Platon, 公元前 427 ~ 前 347)开始一直到 19 世纪末才被现代物理学实验证伪的认为空间中弥漫着一种光的特殊介质的“以太说”,再如,自欧几里德(Euclid, 公元前 330 ~ 前 275)始作为“几何学第一公理”的“过直线外一点只能作一条与已知直线相平行的直线”原理,后来直到相对论的建立,人们的这一直觉的迷梦才被打破。所以,即使是已被证明且比较成熟的科学理论,也不能当做普适性的教条而被束缚,只能当做现在和未来认识的新起点,或一个不可全信的指路人罢了。面对新的事实与传统理论的矛盾而做的妥协,无异于“削足适履”。

科学哲学家波普(K. Popper, 1902 ~ 1994)认为,科学不能排除怀疑,排除了怀疑,科学就不能进步。科学理论从某种意义上说,都可以被看成是假说。他指出:“科学家之所以成为科学家,并不在于他掌握了无法反驳的真理,而在于他采取无所顾忌的批判态度和坚持不懈地对真理的追求。”他把怀疑精神当做衡量科学家的一个标准,这是有道理的。因为,怀疑往往总是直指那些“第一原则”,对它们提出置疑不但需要敏锐的科学洞察力,而且要有向强大而牢固的传统提出挑战的勇气,不仅如此,当科学家发现事实和自身观念不相

符,或发现“事实并非如此”时,这也要求他要有勇于扬弃自我的科学胆识。因此,一旦怀疑是正确的,由此诞生的新的科学概念、新的科学思想和理论,就意味着科学的一场革命。黑格尔这样评价怀疑,“怀疑论是指一种有教养的意识”,而且“有教养地认识到一切都不是真的”。

当然,我们提倡的怀疑,是一种“有条理的怀疑”,绝不能把科学的怀疑与“怀疑主义”画等号。作为哲学流派的“怀疑主义”,其特征是怀疑一切,否定一切,最终导致了不可知论,是消极地怀疑。科学的批判怀疑作为一种思维的创造方法,是以思维主体具有相关的背景知识为前提的,具有一定的背景知识构成主体的认识结构和能力。英国科学哲学家默顿的“有条理的怀疑论”提倡在经验和逻辑的基础上反复考察,避免谬误。这说明科学的怀疑是一种辩证的批判的怀疑。其本质是一种反思和超越,而不是简单的否定。

科学是一种自由
创造活动

就思想领域而言,可以说科学研究无禁区。

现代科学越来越体现出科学认识的复杂性与多样性,无论是科学认识的对象,还是科学认识的方法都体现着这样一种趋势,就是要求科学家在科学研究中要遵循“自由原则”。

事实上,现代科学愈加凸现了科学的这些内在特性,自由精神则是科学发展的本质。希腊伟大的哲学家亚里士多德(Aristotle,公元前384~前322)把“自由”看做是科学和哲学诞生的基本条件。作为近代科学摇篮的古希腊文化,繁荣一时并能成为科学精神的起源,正是由于古希腊众多城邦之间相互独立,没有统一的集权管制,因而形成了特有的自由意识。因此可以说古希腊文明是众多学派的自由创造。如米利都学派、毕达哥拉斯学派、爱菲斯学派、爱利亚学派、斯多葛学派,等等。多种多样的见解恰恰出自对自然界不同角度、不同