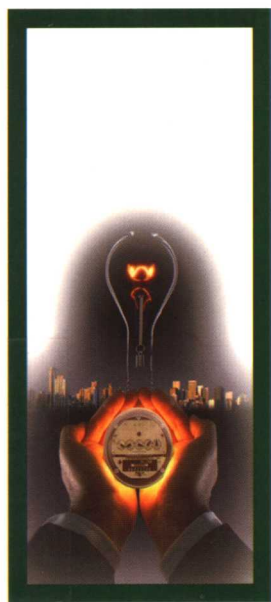


科学探索丛书

丛书主编·李春泰

科学创造的 横向研究

睦平 | 著



科学出版社

www.sciencep.com

G301

40

:2

2007

科学探索丛书

科学创造的横向研究

睦 平 著

嘉应学院著作出版基金资助

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

科学原创性研究是科技竞争的制高点,特别是对高新技术发展和技术跨越式发展起着关键性的作用。因此,探讨如何促进科学原创性研究的探索方法、创新机制、研究途径、科研环境、管理机制以及相关因素是十分必要的。本书就是以科学发展的历史为线索,从多学科、多领域的视角探讨科学创造中的起源、机制、方法、背景等相关因素和问题,为科学探索者和管理者提供参考思路、方法、策略、桥梁。本书是一项跨学科、跨领域的科学创造横向交叉研究成果,它对科学研究者和科学管理工作有很好的指导和启发作用,对各类大学的老师和学生也有一定的指导和启发作用。

本书适合各类科研机构的研究人员、各类大学的老师和学生以及各级科技管理人员等阅读。

图书在版编目(CIP)数据

科学创造的横向研究 / 睦平著. —北京:科学出版社,2007

(科学探索丛书)

ISBN 978-7-03-018784-0

I. 科… II. 睦… III. 科学技术—创造发明 IV. N19

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 041789 号

责任编辑:孔国平 卜 新 / 责任校对:张怡君

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:云 舒

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 4 月第 一 版 开本:850×1168 1/32

2007 年 4 月第一次印刷 印张:10 1/8

印数:1—3 000 字数:260 000

定 价:24.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

作者简介



睦平 1960年12月生,江苏镇江人,大学本科毕业,现任嘉应学院物理系主任、教授。25年来一直工作在高等教育第一线,曾主持完成世界银行贷款师范教育发展项目

二项,完成国家教育科学“八五”规划青年专项资助项目一项,完成省级课题二项,主持完成校级课题六项。在长期的科研活动中形成了自己的学术特点和研究系列,特别是在“科学创造的横向研究系列”、“物理教育与物理学史研究系列”、“物理哲学与科学方法论研究系列”等领域取得了丰硕的成果,出版专著、教材六部。在《科学学研究》、《科技导报》、《中国科技论坛》、《自然辩证法研究》等刊物上发表论文百余篇。曾获国家人事部全国人才科学优秀科研成果三等奖一项,教育部中央教育科学研究所与中国教育报理论部全国创新教育优秀论文二等奖一项,省级优秀教学成果奖一项,省级优秀科研成果奖五项,校级优秀科研、教学成果奖六项。

《科学探索丛书》编委会

主 编：李春泰

副主编：马京莲 杨渝玲 赵福生

《科学探索丛书》总序

在今天,科学以其不可阻挡的伟大力量渗透到各种领域中,无论是事实领域,还是价值领域,概莫能外;甚至像美学这种历来与科学无缘的学科也有了典型的科学解说。这是针对学术而言的。事实上,今天科学的影响远不像传统时代那样远离尘世,它不是所谓的象牙塔,而是现实生活中的一部分。有经济兴趣的人,发现科学和技术的发展,或确切点说,即科学技术转化为生产力的速度越来越快。科学发展的历史为这种说法提供了某种证据。例如,牛顿的力学中已有了计算第 n 宇宙速度和轨道的方法,这距离原苏联卫星上天差不多有 300 年。爱因斯坦所建议的曼哈顿工程,实现了物质质量与能量的转化—— $E = mc^2$,从其观念的提出到原子弹爆炸总共不过 40 年。1953 年,克里克和沃森提出了 DNA 双螺旋模型,因而出现了分子生物学;20 世纪 60 年代初,科学家便发现了一切生物体都有完整的遗传密码;70 年代初,科学家又发现了能识别 DNA 的碱基顺序,并能在 DNA 的一定位置上有意选择含有特定基因片段(进行切割)的限制性内切酶,1976 年便相应出现了遗传工程公司,这使科学技术在农业和医疗保健方面有了广泛的应用。这种时间的缩短意味着:科学离我们的生活越来越近,科学与我们的关系越来越密切。

今天的科学,无论在理念世界还是在现实世界中都占有不可动摇的中心地位,以至人们确认破坏世界的力量是科学,而构建人类未来的希望归根结底也是科学。因此,本丛书鼓励国内外学者对科学做多层次、多方面的探讨,旨在让人们能较深入地了解科学、把握科学,更好地为和平、进步和世界繁荣贡献力量。

主 编

李春泰

2006 年 5 月 10 日

目 录

《科学探索丛书》总序

绪言 科学、科学创造及其横向研究	(1)
第一章 科学创造中的科学问题	(10)
一、科学问题的界定及特征	(10)
二、科学创造始于科学问题	(11)
三、科学问题的引导作用	(15)
第二章 科学创造中的科学之美	(21)
一、历代大科学家都感悟到科学的和谐之美	(22)
二、科学之美蕴含在多视角、多层次中	(25)
三、科学之美的思维基础及其特点	(28)
四、科学之美在科学创造中的作用	(29)
第三章 科学创造中的心理机制	(32)
一、科学家在科学创造中遇到的心理机制问题	(32)
二、科学创造中的心理因素、特点、类型	(36)
三、科学创造中的心理活动过程	(41)
四、心理机制对科学创造活动的影响	(44)
第四章 科学创造中的哲学指导	(50)
一、科学创造中的哲学问题和哲学思想	(50)
二、科学与哲学的关系	(57)
三、科学创造中的哲学指导作用	(60)
四、哲学素养对科技工作者的重要性	(63)
五、关于科学创造与哲学关系的再思考	(68)
第五章 科学创造中的科学方法	(70)
一、科学创造史中发展起来的科学方法	(70)

二、科学方法的概念、种类、特点	(75)
三、科学方法研究的现状与未来	(78)
第六章 科学创造中的科学思想	(83)
一、科学思想的内涵、特征	(83)
二、不同发展时期科学思想的特点	(84)
三、科学思想上的新突破在科学创造中的作用	(87)
四、关于科学思想的几点思考	(92)
第七章 科学创造中的科学实验	(94)
一、科学创造历史中的科学实验	(94)
二、科学实验的概念及特点	(101)
三、科学实验在科学创造中的作用	(102)
四、关于科学创造中科学实验的再思考	(108)
第八章 科学创造中的几种效应	(110)
一、科学创造中的种子效应	(110)
二、科学创造中的“名师效应”	(118)
三、科学创造中的“名实验室效应”	(119)
第九章 科学发现中的极端条件	(122)
一、极端条件下科学发现的现象	(122)
二、极端条件的含义和特性	(123)
三、极端条件在科学创造中的作用	(125)
第十章 科学创造中的科学争论	(130)
一、科学争论现象及界定	(130)
二、科学争论的类型	(131)
三、科学争论的特征	(133)
四、科学争论的创新效应	(135)
第十一章 科学创造中的智慧碰撞	(138)
一、科学发现中的“智慧碰撞”与界定	(138)
二、科学发现中“智慧碰撞”的特点及变化趋势	(141)
三、“智慧碰撞”引发出的发现优先权之争	(143)

四、对科学发现中“智慧碰撞”的思考	(144)
第十二章 科学创造中的创造思维	(147)
一、科学发现离不开创造思维	(147)
二、科学研究中创造思维的概念和内涵	(150)
三、科学创造思维的基本方式	(152)
四、科学创造思维的基本特点	(155)
五、科学创造思维活动的过程	(157)
六、对创造思维的再思考	(158)
第十三章 科学创造与多领域研究模式	(160)
一、多领域研究模式的概念及形式	(160)
二、多领域研究模式的创新功能	(161)
三、关于多领域研究模式的思考	(171)
第十四章 科学创造与文化环境	(174)
一、概念:文化与科学文化	(174)
二、回顾:不同历史时期文化背景下的科学发展	(177)
三、比较:由“李约瑟问题”引发中西文化传统区别	(180)
四、文化环境对科学发展的影响	(183)
第十五章 科学创造与历史背景	(188)
一、古代历史时期的科学起源	(188)
二、中世纪的科学	(191)
三、近代历史时期的科学进步	(195)
四、现代历史时期的科学发展	(201)
第十六章 科学创造中的科学理性	(206)
一、科学理性的历史及作用	(206)
二、科学理性的概念及内涵	(208)
三、科学创造中的科学理性	(212)
四、科学理性论的特点	(215)
五、科学理性的限度问题	(219)

六、科学理性的归宿问题·····	(222)
第十七章 科学创造中的科学精神 ·····	(227)
一、关于科学精神的定义·····	(227)
二、科学精神的基本内涵·····	(228)
三、科学创造中科学家科学精神的具体表现·····	(234)
第十八章 科学创造的社会功能 ·····	(246)
一、科学与文明·····	(247)
二、科学与社会变革·····	(248)
三、科学与文化·····	(249)
四、科学与政治·····	(251)
五、科学与民主·····	(252)
六、科学与宗教·····	(252)
七、科学与战争·····	(253)
第十九章 科学名著的评价原则 ·····	(255)
一、原则之一:著作中的科学知识应具有客观真理性 和开创性·····	(255)
二、原则之二:著作中的科学理论应具有很强的逻辑 性和系统性·····	(257)
三、原则之三:著作中的科学体系结构应具有完整性 和相对独立性·····	(258)
四、原则之四:著作中的科学知识应具有显著的社会 功能·····	(259)
五、原则之五:著作的科学理论对科学发展的影响极 大并得到专家肯定·····	(261)
第二十章 科学创造与人才问题 ·····	(264)
一、科学创造中的基础科学人才问题·····	(264)
二、科学创造中的人才年龄问题·····	(278)
第二十一章 科学创造与高新技术 ·····	(284)
一、从“质能公式的提出”到核技术 ·····	(284)

二、从“光量子假说”到激光技术	(288)
三、从“量子力学的建立”到电子和信息技术	(291)
第二十二章 科技创造与整合创新	(296)
一、学科之间的整合创新	(296)
二、科技力量的整合创新	(299)
三、科技整合创新组织管理	(302)
参考文献	(307)
后记	(309)

绪言 科学、科学创造及其横向研究

科学创造是科学之本、技术之源,是推动科学发展和技术进步的强大动力。当前,科学原创性研究已成为世界科技竞争的制高点,特别是对高新技术发展和技术跨越式发展起着关键性的作用。因此,发达国家和一些发展中国家都在实施各种有利于原始性创新的科学发展战略,积极引导科学研究为国家目标服务。我国近年来提出的大力加强自主创新能力的战略就是在这样的背景下提出的。但由于我国科学原创性研究能力还比较薄弱,远不能为国民经济和社会发展提供强大的支撑作用,特别是加入世界贸易组织以来,我国科技在激烈的国际竞争中,更是面临着严峻的挑战。为此,加强我国科学原始性创造能力和提高自主创新能力已到了刻不容缓的地步。那么,如何加强我国原始性创造能力并提高自主创新能力?笔者认为,除了要提高科学研究者的科研水平之外,还应当让他们更多地了解科学创造的历史,并从中深刻地体会科学原创性的研究方法、创新机制、探索途径以及相关因素,这是十分必要的。此外,还应当让科学决策者和科学管理者更多地了解科学创造的历史,从中深刻地体会并建立有利于科学原创性研究的管理机制、科研环境、科技体制以及相关因素,这自然也是极为重要的。

曾经培养出 13 位诺贝尔奖获得者的著名科学家卢瑟福认为,科学是在过去取得成就的基础上展开的,不重视科学的历史,就很难深刻理解科学概念和进行科学创新。他曾针对青年学者缺乏科学历史观而撰文:“在科学家中,对他们研究课题历史的兴趣随着年龄而奇怪地变化。作为一个规律,年轻的研究人员对他工作的科学观念的起源没有多大兴趣。只是在后来,当他在现有可靠

知识的治学门径中获得了某种个人经验,在新的发展与过去有联系时,他才开始对他的学科的历史和伟大先驱者们的成就与品德产生兴趣……我们期望,与其由在他自己领域有能力的职业史学家做出评价,不如由直接熟悉科学方法且对新的知识做出贡献的人对科学先驱者们做出更相称的评价。”卢瑟福强调指出,作为科学者要了解科学发展的历史,要学会客观公正地评价科学史上的科学家和科学成果,要理解科学历史上的科学思想演化过程。在这个过程中,不仅要估价科学者和科学成果的内在价值,而且也要考虑在所考察时期内的科学观念和实验技术条件,更要分析他们的科学思想和科学方法,并尽可能提出自己的看法。卢瑟福还告诫:科学者要重视科学的历史,要树立科学的历史观,只有了解了科学的历史,才能更好地理解科学的理论和概念,才能有的放矢地评价科学思想,才能更好地提出科学问题、选择科研方向、创新科学成果、提高科研效率。卢瑟福这些符合历史唯物主义的金玉良言和科学历史观,即使在今天,对于我们的科学工作者仍然有着很重要的参考价值。

科学的历史是一个极其丰富的宝库。历史的探索可以使当代人获得多方面的教益和启示。同时,任何时代的人又不可避免地要在他们已达到的认识水平上评价历史。如果说历史的总结是现实同过去的对话,则这种对话是可以从多方面入手的。科学的历史表明,科学和它的各方面特点都不是始终如一的,而是发展着的。在不同的历史条件下,科学有着不同的内容、不同的形态、不同的研究方法、不同的发展速度和不同的社会地位,因而也就有对科学的不同认识、不同理解。古希腊人把“科学”看作学问,中国人曾把它视为格物致知,中世纪的经院哲学把它说成是世俗的偏见或神学的附庸,近代人认为它是真理性的知识,现代人则更多地把它理解为一种社会活动和社会事业,未来的人们对科学是什么还会有新的认识和说明。其实,“科学”的概念是随着它的产生、形成、发展而不断地变化的。正如贝尔纳所说:“科学史的研究早

已明白指出,科学不是用定义一劳永逸固定下来的单一体。”科学是一个历史的概念,是多方面的、活生生的概念,究竟什么是科学,要用历史的考察来回答。总结科学发展的历史进程,形成发展的科学观,这比“科学”概念的简单定义更重要。正是在这个意义上,可以说科学史就是科学。

科学是一种极为复杂的现象,人们可以从不同的方面去把握和认识它的特点。从起源上看,科学是实践的产物,是生产斗争和科学实验的总结;从内容上看,科学是客观事物属性和自然规律的反映,科学就是实事求是;从思维形式上看,科学既包括事实材料,又主要是由概念、判断(原理、定律、公式、假说、学说等)组成的理论系统;从方法上看,科学要运用经验的方法、形象构思的方法,又着重于运用逻辑方法,而实验方法和数学方法对自然科学尤为重要;从职能上看,科学是宗教迷信的对立物,是社会生产力发展的推动者,是历史前进的有力杠杆。此外还有一点,无论科学发展的道路如何曲折,但它总是随着历史的发展而不断进步的,这从科学的历史中已清楚地表明,随着人类的实践能力和认识能力的提高,科学的内容是在不断丰富和发展的,人们从反映简单的机械运动现象到揭示生命运动的规律,从描述宏观事物的属性到阐明微观世界的本质,从认识低速运动过程到考察高速领域的特点,科学所涉及的范围不断扩大,层次不断加深,原理不断充实、更新。不仅各门学科陆续出现新的原理、新的定律、新的学说,新的学科也层出不穷。相应地,反映科学内容发展的科学形态和科学体系也有所变化。

科学创造是科学思想领域中最高的音乐神韵。什么是科学创造?由于它的内涵十分丰富和外延极为广泛,目前学术界还没有一个完整的、严格的、公认的定义,但不同学术组织或不同学者对科学创造有不同解释。如美国资源委员会将“科学创造”定义为“科学领域中的探索和应用,包括对已经产生的知识的整理、统计,图表及其数据的收集、编辑和分析研究工作”。我国学者王凭

慧认为“科学创造是人们对科学技术进行有目的的探索和运用,其中包括创造知识和整理知识两部分”。还有学者认为“科学创造是发觉、观测、认识或揭示人们前所未见和前所未有的东西,创立前所未有的新的科学概念、科学定理和科学定律,并进而创造前所未有的新的科学学科”。另有学者认为“科学创造就是指科学者在科学探索中,凭借智慧,以问题为导引,对科学要素进行有效整合或实验运作,发觉、观测、揭示出自然界前所未有的以科学知识体系表现出来的科学事实、科学理论的活动”。可见,对科学创造的认识,从不同的角度有不同的解释。但无论是何种解释,科学创造都蕴涵着以下本质特征:①目标特征。科学创造是为突破未知或灰色领域(如新现象、新规律、新概念、新理论、新技术等)而展开的具有特定指向性的探索工作。②过程特征。科学创造是以科研对象及相关方的需求和期望为导向,将科研资源转化为科研产品的输入、输出过程,一般包括科研需求识别、科研设计、科研实施和科研产品的形成、推广、转化和评价等相互关联的主要环节。③知识特征。科学研究是以收集、整理、分析现有知识为基础,运用知识修改、修正、重构、创造、创新等方式获取新知识或实现知识增值的智力活动。④影响力特征。科学创造是为满足科技进步和社会经济发展的特定要求并对科技进步、社会经济发展施加影响的过程。

一般说来,科学创造可以分为两类:一类是从自然界发现新的事实,即通过新的观察工具与实验手段发现新的自然客体或自然现象;另一类是在科学研究中提出新的概念、原理、假设、定律,建立新的理论体系。这两种创造是相互联系、相互促进、彼此不可分割的。新事实的发现往往是新理论创造的前导,但新事实也只有纳入一定的理论体系中才能成为真正的科学创造。而新理论的创造不仅会导致另一些新事实的发现,而且也能使以前发现的事实得到更深刻的理解和解释。其实,科学创造的内涵是十分丰富的。科学创造是一种认识、探索自然的思想活动和实践活动,具有探索

性;科学创造以科学问题作导引,问题是科学创造的前提,问题是科学创造的起点、中心和归宿;科学创造的基础和前提是原料、知识、理论,特别是它不能超越客观世界内在规律的限制和自然法则的制约;科学创造的机制是凭借智慧对科学要素进行有效整合;科学创造的结果是发觉、观测、揭示出自然界前所未知和前所未有的以科学知识体系表现出来的科学事实、科学理论,表现为发现新事物、新现象、新特性,得出新概念、新关系、新原理、新定律,提出新假说、新理论,形成新学科。

科学创造本质上是以探索未知为目的,寻求或寻找已有的客观存在着的对人类来说是前所未知和前所未有的东西。这种创造是从实践中产生思想,又使思想符合客观实在,是使主体顺应客体,并使客体在现实和思维中再现。科学创造活动的过程包括提出问题、收集证据、提出假说、检验假说、修正假说和形成理论等6个步骤。每一个步骤都有不同的特征,完成它都需要科学方法和科学思维,这些科学方法和科学思维的综合就构成了科学精神的全部内涵。

科学创造活动是一个复杂的过程。第一,一个科学家真正的科学生涯都要从提出问题开始。劳丹把科学问题分为经验问题和概念问题。自然界中使我们感到惊奇或者需要说明的任何事物构成经验问题(包括未解决的问题、已解决的问题和反常问题),由这种理论或那种理论显示出来的问题则构成概念问题(包括内部概念问题和外部概念问题)。第二,科学研究活动需要的是经验证据。经验证据是指个体通过自身或者借助仪器能够感觉到的东西,也就是易于感知的、能够共享的东西。但它是可重复的、其他人也可以感知的。一个科学问题的经验证据有两个来源:一是科学家自己进行的科学观测和科学实验,二是来自于权威证据。科学家获得这些经验证据能否成为这个科学问题的有效和可靠的经验证据,需要用理性思维和怀疑态度进行判断。理性思维是严格遵守逻辑规则、采用归纳与演绎、分析与综合等方法进行的推理活

动;怀疑态度则促使科学家时常对经验证据进行先行的检验,不受经验数据的自我欺骗和被动欺骗。第三,根据以上经过一系列科学思维处理后的经验证据,就可以对某一科学问题做出可检验和待检验的猜想性和尝试性的解答,这就形成了科学假说。一个假说可能为真,可能为假,必须接受后续的验证。第四,检验假说。主要考察科学假说是否具有如下基本特征:①假说的自治性。假说的各个组成部分是符合逻辑的,不存在矛盾命题。②假说的兼容性。它与得到确证的科学原理是可以兼容的。③假说的解释性。它能够解释符合原来科学理论的经验证据和自己获得新的经验证据。④假说的预见性。通过科学思维能够推论出的经验证据超过它直接说明的经验证据的范围,因此包含着尚未检验的经验证据。⑤假说的可检验性。它是可以被经验证据证实或者被经验证据证伪的。⑥假说的简单性。简单性原则是一个美学原则,它要求尽可能少地包含彼此独立的假说或者公理。⑦假说的试探性。它只是尝试性的解答问题,是可修正的、改变的,并非唯一的。其中最重要的特征是它的预测性和可检验性。第五,如果科学假说被检验为不能成立,它必须被修正或者抛弃。在这个时候,人文因素又起着重要的作用。科学家因为花去了大量的时间、精力甚至财力才形成了科学假说,因此不可能简单地抛弃他们自认为正确的东西。由于怀疑态度的存在,科学家也不会轻易接受一个他人认为正确的假说。科学家对假说的辩护与反驳成为科学进步的动力。为了保护科学假说的核心部分,科学家通常会逐步建立一些辅助性的保护带。在辩护与反驳过程中,组成科学假说的核心及其保护带被不断地修正,不断地检验。检验假说与修正科学假说的过程就产生了科学争论。第六,科学理论的形成。科学理论是多个科学事实的整合建构,库恩把科学理论的基本特征概括为:精确性,从理论导出的结论与观察实验的结果相符;一致性,不仅内部自我一致而且与现有的一些公认理论的一致;广泛性,理论的结论远远超出了最初要解