

21

世纪

高等院校教材

主编 张培林
丁新瑞
高金声

科学研究的方法



21 世纪高等院校教材

科学 研究 的 方 法

主编 张培林 丁新瑞 高金声

编者 张培林 丁新瑞 高金声 刘宜华

科学出版社

2002

内 容 简 介

本书是在辩证唯物主义认识论的指导下,围绕“科学研究的方法”这个主题,倡导在科研工作中树立科学精神和人文精神、传播科学知识、应用科学方法,为培养一支素质结构健全、研究水平较高的科学研究队伍奠定良好的基础而编写的。全书共10章,内容包括科研工作者的素质、课题来源和科学资料的搜集方法;科研方向、专业目标和科研课题的选择;科学精神、人文精神和研究前的准备;科学和科学研究的常规方法,科学假说和科学理论,技术、技术开发和技术发明;数学方法;系统科学方法;科研成果和科研成果的表现形式;科学共同体和科研成果的评价等。本书特点是融科学理论、科学知识和科学方法为一体的系统化的科学研究的方法,内容新颖,有科学性、可读性和实用性。

本书是供理工农医类大学的研究生、本科生学习科学研究方法的教材,也适合广大科研工作者、教师、科学技术管理干部和其他有兴趣的读者阅读参考和使用。

图书在版编目(CIP)数据

科学研究的方法/张培林等主编. —北京:科学出版社,2002.7

(21世纪高等院校教材)

ISBN 7-03-010609-1

I. 科… II. 张… III. 科学研究-研究方法-高等学校-教材
IV. G312

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第046821号

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>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002年7月第一版 开本:850×1168 1/16

2002年7月第一次印刷 印张:18 3/4

印数:1—5 000 字数:383 000

定价:28.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前言

在现代社会中,科学、教育和管理通常被人们誉为是促进社会进步的三大要素。其中科学技术对社会经济发展、文化发展和人们身心健康水平的提高起着主要的作用,甚至已经成为衡量一个国家实力强弱和威望高低的重要尺度。然而,就在这个科学技术奇迹般地丰富与改变人类生活的时代,有些人却弄不清楚什么是科学研究?也弄不清楚科学研究的方法究竟是什么?于是,为了弄清或回答这些问题,社会便推动人们去学习、研究这些问题,力图从科学技术的认识主体,从科学技术的本质、特征和作用,从科学技术的研究方法以及这几者之间的相互关系做出比较全面而系统的研究。

恩格斯曾经说过:“马克思的整个世界观不是教义,而是方法。它提供的不是现成的教条,而是进一步研究的出发点和供这种研究使用的方法。”^①就是说,在恩格斯看来,马克思主义理论既是世界观,又是方法论。世界观、认识论和方法论在认识世界和改造世界的一切实践活动中是统一的,是相互转化的。因此,对于科学研究的方法应作如下的理解:第一,它不是单纯的方法,任何一种科学研究方法都有其知识背景,都是由一定的科学原理在实际应用过程中转化而来的;第二,它不是某种单一的方法,任何一种科学研究方法都是多种方法的集合体;第三,科学研究方法不能离开科学研究的具体过程,离开科学研究具体过程的方法不仅发挥不出它的功能,而且实际上是不存在的。因而,研究和探讨科学研究的一般方法,应当以科研工作者的基本素质为基础,包括对哲学、科技史、科技创造人才学、教育学、自然辩证法、思维科学、心理学、伦理学、情报学、数学等相关学科的知识的研究;包括对从怎样发现科学问题、选择和确定科研课题……,直到所确定的研究课题完成后科研成果评价等整个研究过程以及在整个过程中一定研究阶段上某些程序步骤的研究;包括对科学研究整个过程中每一阶段各种程序步骤的具体研究过程及其主要方式方法的研究等等,从而把科学研究中的人的因素与有关知识、过程、步骤、方法等有机地结合在一起,给读者以比较完整而系统的知识、技能和方法,启发读者从总体上把握住科学研究方法的脉络。

在西方语言中,英语“method”(方法)这个词起源于希腊文 μέταδδός,其中 μέτα表示“沿着”,δδός表示“道路”。从 μέταδδός 的词义上看,“方法”所表示的是沿着某种道路前进的意思。从现代科学意义上来理解,“方法”是指人们在一切活动领域中从实践上或理论上把握现实,为达到某种目的而采用的途径、手段、工具和方式的总和。因此,在科学研究中,人们就把那些符合客观规律、能够达到预期效果的方法称为科学方法。科学方法有广义和狭义两种理解。广义的科学方法是指一切科学的、正确的、郑重的而不是荒唐的方法,它包括的范围极其广泛;狭义的科学方法则

① 《马克思恩格斯全集》第39卷,北京:人民出版社,1972,第406页

是指人们在某一活动范围内所采用的能够达到某种预期目的的方法。《科学研究的方法》这本书所讨论的是科学技术研究领域内的科学方法,即狭义的科学方法。

所谓科学研究的方法,是以科研工作者为主体、以科学研究实践活动全过程为框架、以系统性的科学方法为内容、以辩证唯物主义认识论为指导所构成的科学研究方法的体系结构。在科学研究的方法体系结构中,各种研究方法所处的地位是不同的,是有层次性的,根据它们所处的层次地位,可相对地把它们区分为三种类型:第一种类型是作为科学理论的方法。如关于自然界、人类社会和思维本质和发展规律的论述、关于科学技术本质及其发展规律的论述等,它们本身是自然科学、社会科学和思维科学的科学理论,但在科学研究过程中却有着方法的作用,发挥着认识的功能,能够科学准确地告诉人们应该怎么做或不应该怎么做;第二种类型是作为科研活动程序或步骤的方法。如关于科研选题的程序与步骤、关于自然科学基础研究的一般过程及其阶段、关于技术开发研究的一般过程及其阶段、关于科研成果评价的形式、程序等,它们本身是科学研究规范化的知识,但在科学研究过程中这些知识都是方法的知识,它们从方法上对人们的科学研究活动起着规范作用,保证科研工作能够一步接一步、一环扣一环的有条不紊地进行;第三种类型是作为科学研究具体过程中技巧性的方法。如关于科研选题方法、观察方法、实验方法、逻辑方法、创造性思维方法、科学论文撰写方法、科研成果评价方法等,它们本身就是科学研究所采用的方法。这些方法虽然很具体,但它们也有知识、有理论。这些知识和理论都是基础层次的,它们提供给人们的往往是这种或那种具体研究方法的知识或理论。科学史的研究表明,科学知识和科学研究的方法是共同产生、形影相随的。因此,在理解和运用科学研究的方法时,应当把相关的科学知识、科学理论和科学方法辩证的统一到科学研究的每一个具体过程中去,使它成为融科学知识、科学理论和科学方法为一体的系统化的科学研究的方法。事实上,《科学研究的方法》这本书,我们就是根据这一原则来编写的。

参加编写《科学研究的方法》的作者,都是长期从事自然辩证法、科学技术方法论教学工作 and 长期从事科学技术管理工作的教授、研究员和副教授,他们在多年给研究生、本科生和科技人员的讲课、座谈或讨论中,也听取了不少的意见。其中最突出的意见是两条:一是认为无论是自然辩证法中的方法论的内容还是科学技术方法论的内容,都还比较抽象,学的时候吃力,用的时候费劲;二是科学研究的方法比较多,而技术研究的方法一带而过,学不到什么东西。由于在科学研究的方法教育中,存在着这两种看法,学生的学习积极性往往是先热后冷,抱住希望而来,又感到失望而去。我们分析、研究过这里面的原因,主要是因为以往对学生进行的科学研究方法论的教育,名义上是方法,而实际上所强调的还是理论。因此,就导致了在方法论的教育中,重理论、轻方法的倾向,学起来感到抽象难学,用起来感到费劲吃力。针对这种情况,我们在拟定《科学研究的方法》这本书编写大纲时,就考虑把“科学研究方法论”中的“论”字去掉,改成为“科学研究的方法”,其用意当然不是轻视理论、不要理论,而是把理论限定在与各种科学研究的方法直接有关的内容方面,而这些与科学研究的方法直接有关的理论又必须是具有研究方法功能的知识。这样这本书所要讨论、研究和撰写的就改变成了如同前面所说的科学理论的方法、研究过程中程序步骤的方法和研究工作中各种具体的方法了,从而构成了系统的科

学研究的方法的内容,既用来作为对人们进行科学研究的方法的教材,又带有明显的科学研究的方法的专著的色彩。

还应当说明的是,根据我们拟定的编写大纲,书中新增添了许多与科学研究的方法有着密切关系的内容,从科学技术史到近几年来学术界关注和讨论的热点问题,比较广泛地联系了科学技术发展的实际。我们对这些问题理解未必都那么深刻,那么正确,那么成熟,但是,作为一种学术观点,对于该书的读者来说不无一定的探索价值和启发作用。此外,还应当说明的是,既然书名叫《科学研究的方法》,顾名思义,该书的内容应当包括自然科学、技术科学和人文社会科学等所有的科学研究的方法,而为什么书中主要是自然科学和技术科学研究的方法呢?关于这一点,主要是从该书的使用对象考虑与设计的,该书的使用对象主要是理、工、农、医院校和技术学校的学生,是为他们学习科学研究的方法编写的教材。因而,书中所讨论的科学研究的方法,对于那些从事人文社会科学研究或那些高水平的科技人员来说,可能没有多大用途,但对于理、工、农、医院校和技术学校的学生或年轻的科研工作者来说,这些科学研究的方法和知识则是非常需要的,在他们刚刚接触到科学研究工作的时候,给他们以若干科学研究的知识和方法的训练与启迪,就会对他们的未来发展产生积极而深远的影响,让他们及早地了解科学研究的全部过程及其社会行为规范、进入科学研究工作的意境、品尝科学研究的艰辛与乐趣、懂得如何做人 and 如何做学问等这些基本的道理,要比让他们自己在科学研究实践中凭着经验去摸索更有助于早出成果。所以,传播科研知识、介绍科研方法、启迪人们以科学的态度和科学的精神、运用科学的方法投身于科学研究工作,这就是我们撰写此书的目的了。如果读者能从此书中学到些知识、得到些启发、并对他们的科学研究工作有一定的帮助的话,那么我们的愿望也就算达到了。

还应当指出,书中所写的过程、程序、原则、要求、注意事项等,往往是因人而异的,切莫把它们奉为适合所有科研工作者的教条,也不应把它们理解为适合所有研究场合的规定,而只能把它们作为行动的向导去掌握、去运用,善学而活用,巧妙地结合科学研究中的实际才能收到较好的效果。此外,在学术领域里,对任何著作中的理论观点都应采取一种科学审视和批判的态度,对本书当然也不例外。学术批评是科学发展的重要动力,学术观点只有在正常的学术讨论和批评中才能趋于成熟、臻于完善。

在此书的准备、策划、撰写和出版的过程中,除了参考我们多年给学生讲授自然辩证法和讲授科学研究方法论的讲稿外,还召开了几次学生座谈会,听取了他们的意见;还参考和吸收了张培林、王学彦等主编的《自然辩证法概论》、申璋著的《简明科学技术史话》、丁道芬等编的《医学科学研究入门》、贝弗里奇著的《科学研究的艺术》、吴岱明著的《科学研究方法学》、丹皮尔著的《科学史》、《中华人民共和国专利法》、《科学技术成果鉴定办法》等有关的教材、学术著作和法律法规文件,以及最近几年各种出版物上发表的有关学术性的论文、专访和资料;在此书策划、撰写和出版的过程中,还得到了首都医科大学社科部、教材科,新疆农业大学人文学院和科学出版社的鼓励、协助和支持,没有他们这本书是难以问世的,在此我们一并向他们致以诚挚的谢意!

《科学研究的方法》这本书,既立足于对科学技术史的研究,又较广泛地涉足于

当前学术理论的探讨,其内容普遍性比较大,既适合于理、工、农、医类院校和其他技术类学校给学生开设选修课、讲座课使用,又适合广大青年教师、青年科技研究人员等学习科学研究的方法使用。由于考虑到了此书的使用或读者对象,所以,我们在编写本书的时候,力求在行文上通俗易懂、朴实明确,把它的哲理性、逻辑性、层次性等尽可能地用容易理解的、富有启发性的语言文字表达出来,读起来并不感到干瘪枯燥、乏味吃力。因此,在使用此书的时候,只要能系统的纵观全书的内容,前后联系起来加以思考,便会在科研工作者应建立什么样的基本素质结构、科研工作中应有什么样的社会行为规范、科学研究经常使用哪些研究方法、科研成果主要有哪几种表现形式以及科研成果如何评价等许多方面都会受到启发、学到知识。这些内容,对于科研工作者熟悉、理解和掌握科学研究全过程的知识、技能和技巧是大有益处的。

《科学研究的方法》这本书,除前言外,全书共 10 章,包括前言在内,全书约 33 万字。参加本书编写的作者是:前言 张培林;第一、二章 张培林;第三章 高金声;第四章 丁新瑞;第五章 刘宜华;第六章第一、二、三节 高金声,第四节 张培林;第七章 丁新瑞;第八章 丁新瑞;第九、十章 张培林。

本书的编写大纲由张培林拟定和提出,后经张培林、丁新瑞、高金声等共同讨论确定。各章书稿编写修改完成后,由张培林统稿、定稿。由于我们对书中某些知识面宽而又极其复杂的问题或现实性很强的问题,在理解能力和研究水平上有限,书中的缺点或错误在所难免。在此,我们真诚地希望和欢迎读者对书中的差错提出宝贵的意见。

编 者

2002 年 5 月 18 日于北京

目 录

前言

第一章 科研工作者的素质、课题来源和科学资料的搜集方法

第一节 科研工作者的素质	1	一、科学理论研究课题的基本来源	14
一、德	2	二、技术科学研究课题的主要来源	20
二、识	4	第三节 搜集科学文献与情报资料的方法	28
三、才	8	一、文献与情报资料的搜集方法	28
四、学	11	二、文献与情报的阅读方法和记笔记的方法	33
第二节 科研课题的基本来源	14		

第二章 科研方向、专业目标和科研课题的选择

第一节 选择和确定科研方向及专业目标	37	第二节 选择科研课题	47
一、科研方向和专业目标的含义	37	一、科学问题和科研选题	48
二、确定科研方向和专业目标的原则	39	二、科研选题的步骤和原则	53
三、确定科研方向和专业目标的意义及应注意的问题	44	三、对科研课题的论证与评价	58

第三章 科学精神、人文精神和研究前的准备

第一节 科学精神	61	一、科学的哲学观	68
一、客观依据	62	二、科学的知识观	68
二、理性怀疑	62	三、科学的社会观	69
三、多元思考	63	四、科学的伦理观	70
四、平权争论	64	第三节 科学精神和人文精神的关系及研究前的准备	70
五、实践检验	65	一、科学精神与人文精神的关系	70
六、宽容激励	65	二、课题研究前的准备	77
第二节 人文精神	67		

第四章 科学和科学研究的常规方法

第一节 科学和科学发展的内在机制·····	81	三、归纳法与演绎法·····	112
一、科学和科学系统·····	81	四、分析与综合·····	118
二、科学内部矛盾运动推动科学发展·····	83	第四节 科学研究的非逻辑方法·····	121
第二节 科学研究的感性方法·····	86	一、科学想像方法·····	121
一、科学观察方法·····	86	二、科学灵感方法·····	124
二、科学实验方法·····	91	三、科学直觉方法·····	125
三、科学调查方法·····	94	第五节 创造性思维及其特征·····	127
四、机遇的发现和捕捉·····	97	一、创造性思维·····	127
第三节 自然科学中的基本逻辑方法·····	101	二、创造性思维的特征·····	128
一、科学抽象·····	101	三、创造性思维在科技创造中的作用·····	130
二、比较法、分类法和类比法·····	105	四、创造性思维能力的培养·····	132

第五章 科学假说和科学理论

第一节 大胆假设 小心求证·····	135	二、科学假说在科研中的地位和作用·····	141
一、什么是大胆假设? 什么是小心求证?·····	135	三、科学假说的建立与发展·····	142
二、假设与假说的区别与联系·····	137	第三节 科学理论和科学理论的建立与发 展·····	144
三、怎样提出大胆的假设·····	139	一、科学理论及其特征·····	144
第二节 科学假说及其在科研中的地位和 作用·····	140	二、科学理论的建立与发展·····	145
一、科学假说及其特征·····	140	三、科学理论的评价·····	147

第六章 技术、技术开发和技术发明

第一节 技术的性质、特点和现代技术的体 系结构·····	150	二、技术开发的一般程序·····	164
一、技术的性质和特点·····	150	三、技术开发的方法论原则·····	168
二、现代技术的体系结构·····	153	第四节 技术发明和技术发明的范围、条 件、法则和方法·····	169
第二节 技术发展的内在机制和模式·····	156	一、技术发明和技术发明的范围及类型 ·····	169
一、技术发展的内在机制·····	156	二、技术发明的机制、条件和一般程序·····	171
二、技术发展的模式·····	161	三、技术发明创造的法则·····	173
第三节 技术开发的特点、程序和方法论原 则·····	163	四、常用的技术创新方法·····	185
一、技术开发的主要特点·····	163		

第七章 数学方法

第一节 数学方法的特点、作用和数学模型	201	第二节 数学方法的新发展与电子计算机	207
一、数学方法及其特点	201	一、数学方法与电子计算机	207
二、数学模型	205	二、数学方法新的发展	211

第八章 系统科学方法

第一节 系统科学方法	213	一、信息论概述	220
一、系统科学方法及其特点	213	二、控制论和控制论方法	223
二、系统科学方法的功能	215	第三节 自组织理论方法	227
三、系统分析在管理决策中的应用	217	一、组织、自组织、自组织理论	227
第二节 信息论和信息方法	220	二、自组织理论的方法论启示	234

第九章 科研成果和科研成果的表现形式

第一节 科学研究的一般过程与科研成果	237	三、科研论文的修改定稿和投稿发表	248
一、科学研究的一般过程	237	第三节 科研成果的其他表现形式	250
二、何谓科研成果	241	一、调查报告和调查报告的撰写	251
第二节 科研论文的撰写与投稿	242	二、研究报告和研究报告的撰写	253
一、科研论文和科研论文的撰写	243	三、专利申请文件及其撰写方法	254
二、撰写科研论文应注意的几个问题	246		

第十章 科学共同体和科研成果的评价

第一节 科学共同体的社会行为和科研成果的基本类型	260	第二节 科研成果的基本类型和基本评价原则	275
一、科学共同体	260	一、科研成果及其基本类型	275
二、科学技术工作者的社会行为	265	二、科研成果评价的概念、原则和方式方法	279
三、科学技术工作者的失范行为和社会行为规范	268		

参考文献	287
------------	-----

第一章

科研工作者的素质、课题来源 和科学资料的搜集方法

科学研究包括自然科学研究、技术科学研究和社会科学研究,它是一个以科研工作者为认识主体的系统工程,其中要经过若干程序与环节,方能达到科学创造的目标。因此,任何一个从事科学研究活动的人,在他进行科学研究之前,首先就要考虑到自身的科研素质、有没有课题来源以及怎样搜集科学资料等基础性的问题。这些问题是科学研究的基础和起点,这些问题解决得好不好,不仅关系到研究课题的可行性、思想性和科学性,同时也关系到研究成果的质量和产出率、社会效益或经济效益。所以,对一个从事科学研究的人来说,这些问题是不能不首先加以考虑的。

第一节 科研工作者的素质

科研工作者是一支庞大的队伍,它分布在各条战线、各种岗位上,其中主要有科研院所的科研人员,大中学校的教师,出版单位的编审人员,医院的医护人员,工矿企业的技术人员,行政事业部门的科技管理人员等,目前他们都在从事一定的科学研究工作,都属于科研工作者的范畴。科研工作者是科学认识的主体,他们的素质怎么样,不仅影响到他们个人在科研上的成败得失,而且还会影响到国家的科技发展和民族的荣辱与兴衰。那么我国科研工作者的基本素质怎么样呢?从总体上说我国科研工作者的队伍素质是好的和比较好的,但是,不可否认他们当中有些人也确实存在着素质结构不健全、忽视全面提高素质的问题,突出的表现就是人们常说的“偏食”。什么是“偏食”?原国家科技部部长宋丽兰同志说:“偏食”就是指“这几年我们培养的科研人员,有知识,但缺乏能力;有学问,但缺乏道德。”既然在科研工作者中有些人存在着“偏食”的问题,那么怎样解决呢?解决的办法有两个:①科研工作者本人要正确认识自己,缺啥补啥;②全面阐释科研工作者应具备的素质,供其学习。有了这两条,科研工作者在素质方面“偏食”的问题就不难解决了。

一、德

“德”指的是科研工作者的思想道德和科学道德。在素质结构中,“德”的核心和实质就是学会做人。这对一个科研工作者来说是至关重要的,它是支撑科技大厦的形象、信誉和栋梁,在科研工作者的素质结构中缺少了它,科技大厦就会倾斜、倒塌,科研工作者也就失去了立足之地。然而,有些科研工作者并不懂这个道理,他们片面地认为只要有了学问,就可以搞科研、出成果,结果导致了素质结构上的偏食。

科研工作者的德,细说起来具体内容可以有很多方面,但归纳起来看主要是两个方面:

1. 要热爱祖国,树立爱国主义精神

科学无国界,而科学家是有祖国的。德是一个历史范畴,又是一个阶级概念。无论在历史上还是在现实世界上科研工作者都是为占统治地位的一定阶级制定的方针路线服务的。因此,在不同的历史时代和在不同社会制度的国家里,科研工作者的德的内容、标准与要求是不同的。尤其是当科学技术已经发展成为大科学、高技术的时代,高新技术在生产、经济、军事等各个领域得到了广泛地应用,起着决定性的作用。在这种情况下科学技术对一个国家的经济发展、国防建设和政权巩固都起着直接而巨大的作用,科技为占统治地位的一定阶级、阶层的政治服务的关系愈来愈明显,愈来愈清楚了。所以,自第二次世界大战以来,凡是重大的科研项目和高新技术研究课题,越来越多地都被纳入了国家制定的科研规划之中,并在研究经费、人员配备等方面给予支持,用以保证国家规划项目和研究课题的完成。

毋庸讳言,我们讲的热爱祖国,树立爱国主义,就是说我国的科研工作者在自己的素质结构中,要把祖国摆进去,做一个爱国主义者,爱国是对科研工作者道德素质的起码要求。祖国是养育我们的母亲,母亲是不能忘记的,忘记了就意味着忘本。同时,还应意识到,我国是社会主义制度的国家,因此,爱国与爱社会主义是 synonym,是一致的。所以,我国科研工作者要树立的爱国主义,指的就是热爱社会主义制度的中华人民共和国。这一点是含糊不得的,含糊了就会出毛病,就会站错地方,坐错位置,那就会稀里糊涂地不知道为什么国家的一定的阶级政治服务了。在科研工作者要热爱祖国、树立爱国主义方面,我们是有榜样可学的,钱学森、李四光、吴阶平、茅以升、马寅初、陈景润、杨乐、张广厚、赵红洲、袁隆平以及美籍华人科学家李政道、杨振宁等都是值得我们尊敬学习的榜样,他们不仅在科研上获得了成功、做出了卓越贡献,而且在政治上也都是热爱祖国的爱国主义者。热爱祖国、树立爱国主义并不是一句口号,而是要坚持用自己所掌握的科学技术为祖国的经济建设服务,心甘情愿地把自己的聪明才智、科学技能贡献给我们社会主义祖国的各项建设事业,早日把我国建设成为富强、民主、文明的国家。

2. 追求真理,崇尚科学

追求真理、崇尚科学是科研工作者的科学道德之一,其核心是爱岗敬业,学会做学问。在科学研究过程中,科学发现是科研工作者对客观自然界的认识,获得的是反映客观事实或规律的知识。那么科研工作者是如何认识客观世界的事实和规律的呢?是如何获得知识的呢?实践出真知,在科研中,人们在生产实践、生活实践和科学实验中得到的知识,如果这些知识能够反映客观事实和规律,那它就是真知、真理了。因此,科学工作者所执著追求的主要就是对“事实”和“规律”的认识。事实可以是历史事实、社会事实、自然界的事实和其他事实,科学研究的任务就是发现人们未知的事实。自然界新客体的发现、新现象的发现,新的物质运动规律地发现,对已知事物新属性的发现等等,都是事实。发现前人未知的事实的科研人员,就是科学家。例如1932年,英国物理学家查德威克发现中子;1959年,中国物理学家王淦昌、丁大钊等人,利用杜纳联合原子核研究所的100亿电子伏特质子同步稳相加速器进行基本粒子研究,发现了反西格马负超子,第一次发现了带奇数的荷电重子的反粒子;1983年,欧洲核子研究中心首次发现W粒子和Z⁰粒子等,都属于科学事实的发现。

所谓规律则是指科研工作者在科学观察、生产实践和科学实验等实践活动中,所发现的事物之间存在的千丝万缕的、本质的、必然的联系,事物之间的这种本质的、必然的联系就是规律。遵循事物之间的各种本质的、必然的联系去认识实物,按规律办事,就能获得成功、得到好处。规律与事实一样也是客观的,人们不能创造规律,只能发现规律。在科研中,科研工作者对事物之间的千丝万缕的联系进行准确地判断、反映了事物之间本质的、必然的联系就是发现了规律。例如在科学史上,门捷列夫发现了化学元素之间周期变化的联系;伽利略发现了自由落体与地球引力之间的联系;牛顿发现了诸天体之间的联系;奥斯特发现了电与磁之间的联系等,这些联系都属于本质的、必然的联系,这些发现也就是发现了规律。科研工作者在科学研究中,只有深刻地认识了“事实”,揭示出“规律”,他们的研究成果才能进入伟大的科学殿堂。

在科研工作者的科学道德中,只有强调追求真理、发现事实、揭示客观事物的规律就够了吗?当然不够,还应当包括心理因素,那就是清心寡欲、淡泊名利、潜心研究、崇尚科学。什么是科学?“科学”这个概念相关的因素很多,是动态的、复杂的,所以,J·贝尔纳认为科学只能表述,不适合给它下定义。他说:“科学史的研究已经明白指出,科学不是能用定义一劳永逸地固定下来的单一体,科学是一种有待研究和叙述的程序,是一种人类活动,同时还联系到所有其他种种人类活动,并且不断地和它们相互作用着。”^①在我国,最具代表性的是1982年出版的《简明社会科学辞典》所作的概括,认为“科学,关于自然、社会和思维的知识体系。是社会实践经验的总结,并且在社会实践中得到检验和发展。是精神文明的重要因素。”^②这就

① J·贝尔纳:《历史上的科学》,北京:科学出版社,1964年,第684页

② 《简明社会科学辞典》,上海:上海辞书出版社,1982年,第754页

是科学。科学共同的、第一的要义是理性认识,是反映客观事实和规律的系统化、理论化的知识体系。可见科学在人类认识和知识体系中所处的层次要比单一的事实和规律要高,它是组织起来的、更高层次的理性知识体系。例如在现代科学的发展中,数学、物理学、化学、天文学、地质学、生物学、农学、医学等基础科学;电力、机械、材料、建筑、钢铁等工程技术科学;管理学或软科学学科等,它们的发展相对地说都比较成熟了,每门科学已不再是单一的事实或规律这样的知识单元,而是由这些知识单元组成的学科,学科又组成学科群,科学逐渐形成了一个由很多学科交织而成的系统化、多层次、理论化的知识体系。所以,在科学逐渐发展成为系统化、理论化知识体系的情况下,科研工作者的追求就不单单是发现事实和规律了,而是还要在更高的层次上和更大的研究空间里,崇尚科学、综合知识、创造新学科。在综合知识、创造新学科的过程中,按照其内在的逻辑关系把事实、知识、方法、定理等条理化、系统化,发现矛盾或空白,再作观察或调查、试验或实验、论证或证伪,直至得出新的原理,补充和完善新的知识体系,这种程序已成为科学发展、新兴学科建立的普遍采用的方法和过程。所以,把崇尚科学列入科研工作者的道德素质之中,这已经不是什么标新立异了。

追求真理、崇尚科学还包括技术科学。技术是人类支配自然、改造自然、服务社会的能力的象征。从形态上看,技术是“所有劳动手段和工艺的总和”,既包括人们使用工具完成某项科研和生产任务的操作方法和技能,又包括劳动工具及所有人工的创造物。从技术与科学、生产之间的关系看,技术是科学与生产之间的中介物,起着由科学到生产的桥梁作用,是直接生产力。所以,无论从哪一方面看,技术的存在与发展都离不开科研工作者的发明创造。发明创造是科研工作者在科学认识自然的基础上,解决如何有效地改造、利用和支配自然的方法和工具的创新活动。信息技术、航天技术、生物技术、制造技术、交通技术、资源循环利用技术等业已形成的技术体系,都是由一个一个的众多的技术单元构成的,而每一个技术单元都只不过是前人或他人发明创造的成果,都凝结着科研工作者的创造性劳动。没有前人或他人的发明创造,就不会形成人类的技术体系;若不继续进行新的发明创造,就不可能有技术发展的明天。因此,不断进行发明创造,既是技术本身发展的命脉和造血机制,也是科研工作者的灵魂和道德。

二、识

“识”指的是科研工作者的胆识。其含义主要是说科研工作者在正确的思想认识路线指导下,应具备较强的识别能力、判断能力和预见能力。具备了这些能力,在科研工作中,才能辨别真伪,做出正确的判断;有了这些能力,在科研工作中才能有胆有识,胆识过人;有了这些能力,在科研工作中才能做出新发现、新发明,才能出新成果、大成果。所以,“胆识”二字对科研工作者来说是至关重要的,是不可缺少的素质条件。例如在科学决策、科研选题、科学观察和实验、科学资料的收集和利用、科研方向的选择和确定等科研工作的许多重大环节中都需要有胆识,都需要辨别、

判断和预见。

在金韬、唐国强导演的电影《长征》中为我们展示了毛泽东在长征中的胆识。遵义会议后,中国工农红军要实行战略大转移,进行二万五千里长征,途中要过金沙江、大渡河,要翻越终年积雪的夹金山,要走从来无人走过的草地,要突破“一人挡关,万夫莫开”的腊子口,一路艰难,一路风险!这条路行得通吗?长征能胜利吗?红军内部有人怀疑,有人反对;敌人当中有人观望,有人扬言说:“毛泽东将成为第二个石达开”、“红军将冻死、饿死在雪山草地上”。但是,毛泽东却认为,越是敌人说“我们走不通、不敢走的地方,我们偏要走,而且要走得通”。毛泽东做出这样的决断,并取得了二万五千里长征的胜利,实现了战略大转移,获得了成功。那么他靠的是什么呢?靠的不是兵多,武器好,而是胆识。胆识在人才的素质结构中是自信心的一种表现,不论是科研工作还是别的什么工作,要想取得胜利、获得成功首先就要有胆识,就要有自信心,否则,就寸步难行了。

20世纪90年代中叶,美国卡耐基教学促进会,就科技人员在事业上的成功做过一次调查。调查结果发现,即使是在工程技术这样专业化非常强的科研人员队伍中,一个人的成就也只有15%是靠他的专业知识获得的,而其余的85%则是靠性格、胆识和与其他人相处的能力获得的。所以,在科研工作者的素质结构中,胆识作为一种非专业知识的要素是不可忽视的。那么胆识作为科学工作者的素质条件,它在科研工作中究竟起哪些作用?细说当然很多,但概括起来看主要表现在以下三个方面:

1. 科研意识的强弱取决于胆识的大小

在科学研究中,科研意识是自始至终在许多方面起作用的因素,例如科技工作者(包括从事科学技术工作的所有的人),要不要搞科研?能不能搞科研?是研究一阵子还是研究一辈子?在平时读书、看报和与他人交往的诸多活动中,是有意识地着眼于科研方面的内容,还是无意识地随便乱读、乱看和乱侃呢?承担研究课题时是积极主动、勇挑重担呢,还是消极被动、甘当下手呢?在做研究课题的过程中是认真负责、分秒必争、争取多出成果、出好成果呢,还是粗心大意、拖拖拉拉、出不出成果、出什么样的成果都无所谓呢?如此等等都与科研意识强弱有关,都是由科研意识的强弱决定的。那么什么是科研意识呢?所谓科研意识,概括地说就是指,科技工作者在胆识的支撑下,不仅要意识到自己要搞科研工作,而且还要在思想和行动上,对科研工作表现出一种强烈的愿望和追求,并以高度的责任心协调好研究过程中的各种内外关系,做好科研工作,争取多出成果,出好成果。科研意识的形成与核心是竞争,科研意识的实质和表现是发表。胆识越大,科研意识越强,科研成果也愈多。在这里,胆识的大小与科研意识的强弱和科研成果的多少是成正比例关系的。我们做过调查,发现有些科技人员之所以在科研上迈不开步子,并不是因为他们知识少,基础差,而是因为他们缺乏搞科研的胆识,把科研视为“深奥莫测、高不可攀”的负担,从而滋生出“自己不能搞,搞不了”、“不是搞科研的材料”等自卑心理。自卑是对自己的否定,是一种怯懦和缺乏胆识的表现。所以,那些有自卑心理和

缺乏胆识的科研工作者,在科研工作中是很难树立起科研意识、迈开科研步子、取得科研成果的。因此,我们评判一个科研工作者是否有胆识,首先是看他在整个科研活动中是否做到了千方百计、千辛万苦去完成课题,最后使自己的研究结果达到在一定的学术刊物或一定的学术会议上公开出版、公开发表、争取到了同行专家认可和社会承认的水平(技术发明达到了申请到了专利,工程设计达到了经过同行专家论证和实施;被证明是科学正确的),达到了,才算取得了科研成果,才称得上有胆有识和科研意识强。

2. 在科研选题中敢不敢到第一线选那些前沿性的有创建的课题是由胆识决定的

科学技术的发展,从近代算起,已经有了 400 多年的历程,尤其是 20 世纪以来,科学与技术的发展更是一日千里、突飞猛进,深刻地改变了并将继续改变着世界的面貌。但是,科学研究并没有穷尽世界上的真理,科学技术发展有无止境的前沿。在客观条件和研究手段已经具备的情况下,科研工作者在选择和确定研究课题的时候,究竟敢不敢到科技发展的第一线去选择和确定那些前沿性的有创建课题,这主要是有选题人的胆识决定的。科学是以探求真理、揭示规律为目的的,科学的价值在于求真,在于它的真理性。所以,我们在这里所说的到科技发展的第一线去选择那些前沿性的有创建的课题,并不是单指课题的大小,而是指所选的课题是否反映了科学技术发展的前进方向和先进程度而言的。对此,世界著名的物理学家李政道博士曾经有过论述。他说:“随便做什么事情,都要跑到最前线去作战,问题不是什么赶上,而是怎样超过。要看准人家站在什么地方,有些什么问题不能解决。不能老是跟,那就永远跑不到前面去。”他的意思就是说,在选择科研课题的时候,我们应该少选、甚至不选那些“重复来重复去”、“可选可不选”或“锦上添花”的课题,而要选择那些前人或他人没有涉足过的或者至少是全世界科学家都处在同一起跑线上的课题。选择这样的研究课题,那是需要胆识的,没有胆识恐怕是难以做到的。

众所周知,科学的价值是通过科学活动的内部结构实现的。不管科研工作者意识到与否,科学活动的内部结构已经发生了明显的变化。从 20 世纪 40 年代起,特别是 50 年代以后,在不到半个世纪的时间里,科学的发展呈现出突飞猛进的势头,小科学发展成了大科学,传统技术发展成为高新技术,科学的发展已经形成了新的、特定的内部结构——基础研究、战略研究和应用与发展研究,他们的发展趋势是相互联系、转移迅速,其中,在基础研究中,“前沿性”的研究课题主要是那些旨在增加新科学知识和开辟新的科学领域的课题;在战略研究中,“前沿性”的研究课题主要是那些具有重大战略意义的课题,既包括重大的定向的基础研究,也包括有重大战略意义的高技术研究与发展,还包括重要的公益性研究等诸多方面的课题;在应用与发展研究中,“前沿性”的研究课题主要是那些通过研究所获得的知识能够指导产生新的服务的课题,包括从本质上去改善和创新已经应用的那些技术、材料、产品的设计和工艺。因此,从整体上看,科学研究活动的这种内部结构,体现了他所具有的双重社会价值——真理价值和应用价值,反映了人类科学发展的趋势

和当代世界科学研究的前沿。何谓“科学研究的前沿”? ①从科学上说,研究的课题要着重深度;②从技术上讲,发明的项目要着重创新。在科学研究中,做到了这两条,就是国际前沿性的研究水平了。当代信息科学、生命科学、物质与材料科学、能源科学、环境科学、认知科学等将成为世界科学研究的热门课题。数学仍然是整个科学发展和研究的基础与方法,并向一切知识门类和人类的一切活动领域渗透,因而它仍然是科研工作者关注的课题。至于科研工作者谁能发现和攻克这些前沿领域里的课题,那就要看有没有胆识了。

3. 在观察和实验中根据一定的事实提出假说是需要胆识的

在科学研究中,科学假说是科研工作者根据一定的科学理论和一定的科学事实,对所研究的对象及其本质或规律做出的假定性的说明。假说在科学认识体系中是处在从“事实→假说→理论”过渡的中间环节的位置上,起着从“事实→理论”转化的桥梁作用,它既有可能向前发展、经过实践检验转化成为科学理论,它又可能向后倒退、经过实践检验而被证明是错误的。假说在科学认识体系中所处的这种中间地位和或然性,究其原因主要是因为提出假说是所依据的科学事实不系统、不全面、不充分。所以,在科学观察和科学实验中,科研工作者仅仅在一定的理论指导下,根据一定的科学事实提出某种假说是难能可贵、需要胆识的。在科学史上,瑞士著名的物理学家泡利,1932年提出的“中微子”假说,就是很好的佐证。

我们知道,自从19世纪40年代物理学上确立了“能量守恒和转化定律”以后,物质的能量在它运动之前和运动之后是守恒的,不会增加,也不会减少,只能转化。可是到了20世纪初,物理学的研究由宏观领域深入到了微观领域,爱因斯坦通过对微观领域高速运动物质的研究,又提出了一个新的见解,认为当微观领域的物体在做高速运动时,它的能量会增加,其公式是: $E=mc^2$ 。就是说,高速运动着的物体,其释放出的能量应等于它的“静止质量”加上它的“高速质量”,而当这两种质量在其运动的速度达到 c^2 时,那么它们就共同转化为能量。所以,高速运动的物体,它的能量在其运动前后就不守恒了,就增加了。开始,许多科学家对爱因斯坦的这一新理论不理解;后来,许多科学家对爱因斯坦的这一新理论作了机械的理解,即只从高速运动的物体能量会增加方面去理解。1932年,科学界作了一次“ β 衰变实验”,在这次实验中出现了“能量亏损”的意外情况。所谓“能量亏损”,就是说按照爱因斯坦质能关系的公式: $E=mc^2$ 公式计算,在 β 衰变的过程中,中子转化为电子和质子后,其静止质量之和应该增值,约相当于78万电子伏特的动能。可是,经对 β 衰变后,中子放出的一个电子和转化成为的质子的测量计算,却怎么也测不到那么大的能量。所以,称其为“能量亏损”。

在 β 衰变的实验中“能量亏损”现象出现后,在许多科学家思想上引起了混乱,他们认为要么能量守恒和转化定律错了,要么爱因斯坦的 $E=mc^2$ 的理论错了,不然怎么会出现“能量亏损”呢? 惟有泡利有识有胆,胆识过人,他认为能量守恒和转化定律、爱因斯坦的 $E=mc^2$ 的理论都没有错,而 β 衰变实验也是正确的,之所以会出现“能量亏损”,那是因为亏损的能量可能被一个在 β 衰变的过程中产生的未知