

江苏省高等教育学会组织编写

文科大学生

上

自然科学技术知识读本
科学技术·物质·能量·信息

张相轮 编著

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

江苏省高等教育学会组织编写

文科大学生自然科学技术知识读本(上)

科学技术·物质·能量·信息

张相轮 编著

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

文科大学生自然科学技术知识读本/张相轮,廖佳敏,
叶怀义,祁贵全编著. —南京:江苏科学技术出版社,
2007.9

ISBN 978-7-5345-5670-8

I. 文... II. ①张... ②廖... ③叶... ④祁...
III. 自然科学—青年读物 IV. N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 144560 号

文科大学生自然科学技术知识读本(上) 科学技术·物质·能量·信息

编 著 张相轮
责任编辑 郁宝平 王明辉 胡海群
责任校对 郝慧华
责任监制 张瑞云

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路 47 号,邮编:210009)
网 址 <http://www.pspress.cn>
集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市中央路 165 号,邮编:210009)
集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>
经 销 江苏省新华发行集团有限公司
照 排 南京紫藤制版印务中心
印 刷 南京大众新科技印刷有限公司

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张 25.5
字 数 570 000
版 次 2007 年 9 月第 1 版
印 次 2007 年 9 月第 1 次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5345-5670-8
定 价 39.80 元(上、下册)

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

前言

这是一本专门为文科大学生编写的理科知识的综合读本。为什么文科大学生要学习理科知识呢？

理科知识是关于自然界的知识、关于物的知识，文科知识是关于社会的知识、关于人的知识。自然与社会、人与物是统一的。每一个和谐发展的社会，每一个和谐发展的人，都需要这两种知识。

我们人类来自大自然，是大自然的一部分。人类社会是从自然分化出来的特殊领域。大自然是人类生存与发展的物质基础。不了解大自然，就如同不了解我们的母亲一样。

自然科学以认识天然自然物为主，工程技术以制造人工自然物为主。人与物应当相互统一。人若不掌握物质工具，就同其他动物没有本质区别；离开了人，物质工具就失去了制造者与应用者，也就失去了自身的价值。

自近代以来，劳动的专业化带来了知识的专业化，学科越分越细，学科之间壁垒森严。其实天是没有界线的，所有的界线都是人为的。各个学科的知识都是相通的，没有不可逾越的知识界限。爱因斯坦提出了有限无边的宇宙模型，我们的知识也应当有限无边，不给自己的知识划出不能超越的边界。我们常嘲笑井底之蛙，其实我们也常常坐井观天，只是我们坐在无形的井中，狭隘、僵化的专业教育便是这样的无形之井。爱因斯坦说“用专业知识教育人是不够的。通过专业教育，他可以成为一种有用的机器，但是不能成为一个和谐发展的人。”“学校的目标始终应当是：青年人在离开学校时，是作为一个和谐的人，而不是作为一个专家。”专业教育是需要，但必须与必要的综合教育相结合。

我们生活在高科技时代，科学技术是强势文化，决定着我们的工作方式与生活方式。在这样的时代，文科大学生若不对高科技有一定的了解，就不可能成为和谐的人。

有些文科的同学可能对学习理科知识有畏难情绪。自然科学理论中许多公式、符号，要学好它是要下功夫的。但自然科学并不神秘，也不是高不可攀，它的基本道理是不难理解的。文科大学生学理科知识，知其然即可，不一定都要知其所以然，重要的是理解它的结论与意义。大自然奥秘无穷，科学理论美妙无比。学习自然科学可以获得美的享受，陶冶情操，培养科学精神，掌握科学思维，真是乐在心中，终生受用。

前言

本书由科学技术、宇宙、地球、生命、物质、能量与信息六个板块构成,试图对当今文科大学生今后工作、生活中应当掌握的理科知识作综合性介绍,知识面比较宽,但不深。其中中学学过的内容只作简介,大部分是新知识,力求通俗易懂。

本书由江苏省高等教育学会秘书长周长春研究员策划,我为本书撰写提出框架,邀请作者,并作了统稿工作。为了编好本书,江苏省高等教育学会秘书处组织了若干次研讨会,副会长邱坤荣教授、秘书长周长春研究员、副秘书长李志建、江苏科学技术出版社职教编辑室郁宝平主任、王明辉副主任等专家对本书的框架、范围、针对性、侧重点、特色等提出了许多宝贵意见,学会秘书处赵亚萍等做了许多事务性工作。借本书出版之际,一并表示诚挚谢意!

林德宏

2007年8月16日于南京大学

目 录

科学技术篇 1

一、科学技术的性质 1

(一) 科学的性质 1

(二) 技术的性质 4

(三) 科学与技术的关系 5

(四) 科学技术发展的基本规律 6

二、科学方法论 9

(一) 科学方法 9

(二) 技术方法 16

(三) 科学技术方法的社会意义 16

三、科学技术的功能 17

(一) 科学技术的认识功能 17

(二) 科学技术的经济功能 17

(三) 科学技术与社会进步 18

(四) 科学技术应用的负面效应 20

四、科学的历史与发展趋势 21

(一) 古代科学技术 21

(二) 中世纪的科学技术 27

(三) 16~18 世纪的科学技术 29

(四) 19 世纪的科学技术 33

(五) 20 世纪的科学技术 36

(六) 当代科学技术的发展趋势 40

五、自然科学与人文科学 42

(一) 自然科学的特点 42

(二) 人文科学的特点 44

(三) 两种科学的分化与融合 44

六、科技创新与科学发展观 47

(一) 对传统发展观的反思 47

(二) 科技创新与经济增长方式的转变

..... 48

(三) 科技进步与社会和谐 49

物质篇 51

一、力与热 51

(一) 物质与运动 51

(二) 力和运动的关系 53

(三) 牛顿和他的经典力学原理 57

(四) 功与能量 58

(五) 热与热力学定律 61

二、电磁与光 66

(一) 电的发现与初步使用 66

(二) 电与磁的相互转化 68

(三) 电磁波 72

(四) 光的本质和应用 73

(五) 激光 78

目 录

三、分子与原子	80	(四) 第三能源——节能技术	129
(一) 化学物质	80	信息篇	130
(二) 化学元素	83	一、信息论	130
(三) 分子的化合与分解	85	(一) 什么是信息	130
(四) 原子结构	86	(二) 信息科学的发展	132
四、量子论和基本粒子理论	90	二、信息技术	134
(一) 量子力学的基本知识	90	(一) 信息技术革命	134
(二) 基本粒子	92	(二) 计算机的发明与发展	136
五、新材料技术	97	(三) 微电子技术	137
(一) 人类开发使用材料的历史	97	(四) 人工智能技术和虚拟现实技术	140
(二) 新材料与高新技术革命	97	(五) 通信系统	142
能量篇	110	(六) 数字技术	144
一、能量与物质运动的统一	110	(七) 网络技术	146
(一) 能量的本质	110	(八) 多媒体技术	148
(二) 能量的守恒与转化	111	三、信息社会	148
(三) 自然的基本能量形式	111	(一) 信息产业与信息经济	148
(四) 质能关系	112	(二) 政府信息化	151
二、新能源技术	112	(三) 信息战与军事信息化	153
(一) 能源利用与社会发展	112	(四) 信息安全	159
(二) 传统能源与能源危机	113		
(三) 新能源的开发与利用技术	115		

科学技术篇

一、科学技术的性质

(一) 科学的性质

1. 什么是科学

科学的性质,就是回答“科学是什么”这个问题。科学一词源自拉丁文 *Scientia*,本意是知识和学问。今天我们所说的科学,首先是一个知识体系,它包含许多门类和学科,门类和学科之间又相互交叉,形成既具有整体性,又具有层次性的认知成果系统。其次,科学又是人类活动的一种重要形式,是人类探求、发现客观世界本质和规律、创造和生产新知识的认识活动,因而,科学是动态发展的。再次,科学在今天又是一种社会建制,是一项社会化的事业。科学知识的创新能力日益成为社会的核心竞争力。

关于科学的本质,有 3 个基本内涵。

(1) 科学是理性的知识体系。科学是由概念、原理、规律等组成的理论化知识体系。人类从诞生时起,就对客观世界的本质和规律怀有强烈的好奇心,于是通过各种实践活动获得了大量的经验知识。最初,这些知识是以直观感受和主观意念外化的方式形成和传播的,以巫术迷信为代表,这是人类知识的前科学时期。后来人类积累起来的零散的经验知识也还算不上是科学。科学是运用一定的思维形式和方法,对实践中获得的丰富经验知识进行系统地整理、概括而形成的理论体系。这些理论体系由基本概念和公式、基本原理和定律以及推论、应用 3 个层面构成的,3 个部分之间可以用逻辑方法构成一个统一的整体。

(2) 科学是一种创造性认知活动。具体地说,科学是以探求客观世界规律为目的、以发现和创新为根本特征的相对独立的认识活动。通过科学活动,人类对客观世界的认识日益广泛、深入,人类的认识能力也得到提高。

(3) 科学是社会大系统的构成要素。随着人类社会的发展,科学由个人工作发展到集体研究,再发展成为一项国家事业,进而成为一种国际化的事业。参与科学活动的,不仅有科学家,而且有企业、政府。科学的组织形式,由小科学发展成为大科学。国家科学研究能力是综合国力的重要组成部分。

科学还可以作狭义和广义的理解。狭义的科学指自然科学;广义的科学则包括自然

科学、人文社会科学和思维科学。

2. 科学的基本特征

(1) 科学作为知识体系的基本特征。科学知识体系的基本特征包括系统性、真理性、共享性、一般生产力性。

系统性指科学知识的首尾一贯性、内部自治性、和谐性,它是由概念、判断、推理构成的逻辑上统一的知识系统,只有这样,科学才符合真理性认识的要求。真理性指科学知识源于对客观世界及其运动观察实验的实践,并且可以接受实践的检验。为此,科学理论必须得出可证实或可否定的推理。如狭义相对论曾经为很多人不理解,但它的推论“一切运动坐标系都是等价的”,已由迈克耳孙-莫雷实验予以证实; $E=mc^2$ 也可以由核反应过程,特别是原子能的利用予以证实。科学的共享性指科学理论没有阶级性,供所有人无偿利用。一般生产力性是说,当科学知识渗透到生产力的诸要素中去的时候,可以转化为直接生产力,作用方式包括改革生产工具,扩大深化劳动对象,提高劳动者的知识技能,提升管理水平。

(2) 科学活动的特征。科学作为一种认识活动具有创造性、探索性、成果的不确定性等特征。

创新性是科学活动的灵魂,指科学活动必须致力于发现前人尚未发现的新事物,说明过去的科学知识解释不了的新现象,或者运用科学理论指导、创造过去没有的新事物。探索性是说科学活动不停留在对事物表面现象的描述、记录上,而是透过现象把握本质,深入事物内部思考不能为感官直接把握的诸多联系,揭示事物构成、演变的客观规律。正是因为科学活动是认识未知世界的活动,所以它得出结论正确与否、成果大小、研究方向等不可能按计划进行。科学发现有机遇性、反常性和复杂性。英国著名科学家法拉第说过:“就是最成功的科学家,在他的每十个希望和初步结论中,能实现的也不到一个。”

3. 科学的内涵

科学作为一种文化,包括科学思想、科学精神和科学方法。

(1) 科学思想,即科学理论思想。它是科学知识、科学成果体系中最抽象的概括和结晶,是科学的本质层次,通常表现为科学概念、原理体系及其哲学指导思想。如牛顿的科学思想是指牛顿在经典力学、微积分、天文学、光学等方面所做的奠基性工作,也包括他的力学机械论思想。爱因斯坦的科学思想指以相对论、光量子理论、宇宙论等为代表的理论创新成果。

科学思想是相对于科学事实而言的。科学事实是指通过人的观察、实验所感知、记录下来的关于自然客体的运动状态的描述。

在近代科学兴起时,英国哲学家培根(马克思称他为“现代实验科学的真正始祖”)批判当时的科学家,说有的人像蚂蚁,有的人像蜘蛛,真正的科学家要像蜜蜂。16世纪丹麦天文学家第谷是开普勒的老师,他的天文观测成果是一流的,但他的目的是为了证明托勒密的“地球中心说”是正确的。18世纪英国化学家普里斯特利是很好的观察实验者,但缺少创新的科学思想,所以他没有做出伟大的科学发现。而对他提供的事实材料进行重新加工,使拉瓦锡成为化学革命的代表人物。所以,量子力学的创始人之一玻恩

说：“真正的科学是富于哲理性的……它不仅是走向技术的第一步，而且是通向人类思想最深层的途径。”

(2) 科学精神。从一般意义上说，科学精神是人们在长期科学活动中形成并不断发展的群体精神状态。科学精神的核心是理性精神，主要表现为：相信自然界客观存在，自然界的运动有其内在必然性，人们可以通过观察、实验、理性思考探索自然规律。这种理性精神的实质是相信真理的存在并坚持求真的态度。这种精神不仅为专门从事科学活动的科学家群体所认同，而且有可能发展成为一种社会文化，广泛影响社会各阶层人群的认知方式、行为方式和价值观念。

科学精神是人们关于科学价值观念、精神面貌和科学伦理观念的总和，其核心是科学价值观念。科学精神首先表现为尊重科学、崇尚科学、追求科学真理与科学的社会应用。其次表现为我们以什么样的动机、心理和思维方式去从事科学。归结起来，科学精神的根本是对科学价值创造和奉献社会人生目标的实践。

1911年，由斯科特率领的英国探险队和由挪威人阿蒙森率领的探险队同时从陆上穿越南极大陆，到达南极点。挪威人用北极狗拉雪橇作为交通工具。他们10月19日出发，沿途留下贮存食物，一路上越走越轻。在必要时，狗肉也可以作为食物。12月14日，他们到达南极点，插上一面挪威国旗。斯科特率领的英国探险队，由5人组成，于1911年11月1日动身，用蒙古马作为牵引力。这条路要近一些，但不幸的是，他们使用的马不善于在冰上爬坡，有的坠入冰谷，有的滑倒摔伤。探险队员们发挥了惊人的毅力，徒步拉雪橇做最后冲击，1912年1月15日走到南极，比挪威人晚了1个月，耗时76天。由于暴风雪天气，队员们接连病死、失踪。但斯科特每天坚持写科考日志。他最后写的一句话是：“我已经不能写字，但我并不后悔……”

当时的科学考察，同科学史上的许多新发明一样，虽然有荣誉，但并无金钱可言。如果没有为科学事业奉献的精神，没有勇攀高峰、誓夺第一的勇气，是不会拿生命和艰苦拼搏作为代价去夺取科学史上某个第一的。正因为斯科特一行做到了这一点，虽然他们不是第一，却一样名垂青史，受到后人的尊敬。

为什么说科学价值观是科学精神的核心？首先，价值观是人的主心骨或灵魂支柱。每一次社会大变革总会伴随价值观的大讨论或思想观念的大论战。其次，价值观又是社会组织的整合因素。共同的价值观为人们利益调节、关系整合、交往交换提供一个公认的评价、定价标准。中国古代封建社会长期以门第、权势评价人和事；资本主义社会以财产、金钱评判人的价值；科学家则以真理评判人行为的是非。再次，价值观也是群体活动的指南。

为什么要弘扬科学精神？首先科学精神为科学发展提供动力。在科学史上，很多科学家一生历尽坎坷，但他们为了追求真理，造福人类，可以不顾世俗和传统偏见压力，顶住宗教迷信和政治上的迫害，忍受各种痛苦，追求创造发现之乐，这些人往往成就巨大，是科学殿堂中的主角。其次，科学精神决定主体的思维方式和行为方式。科学研究应当坚持主体思维的开放性、真实性、批判性、创造性。一方面，有独立见解，不人云亦云，不屈从于特权势力；另一方面，又要善于倾听和自我批判。

当代科学精神包含哪些内容？

第一,科学精神的核心是求实和批判精神。表现为从实际出发,不弄虚作假,这是世界各国科学家的首要行为准则。

第二,锲而不舍的钻研精神。科学探索是试错过程,是用失败为成功铺设道路的奋斗历程,必须终身努力,不怕失败;同时,在每一阶段又必须回顾总结,为拓展思路确定新的目标。

第三,勤奋劳动、脚踏实地的奋斗精神。科学劳动是艰巨的,取得的成果是积累性的,必须做到不浮躁、不急于求成。科学劳动是复杂的,必须为重大突破做许多准备工作。科学成果是竞争性的,必须抢时间才能领先。

第四,尊重理性、一丝不苟的求精意识。科学创新在打开思路时要大胆想象,但在建立理论时要求逻辑严谨、计算精确。像载人航天飞机涉及几十万个部件,几千家单位协作,但必须实现零缺陷,万无一失。科学对质量和数据的要求是苛刻的,无数血的教训告诉我们,任何小的疏漏都可能造成全局失败。

(3) 科学方法。科学方法是从事科学活动、实现科学创新成果所使用的手段、工具、程序等。我们学习科学,掌握方法比学习具体知识更重要、更具有根本性。

(二) 技术的性质

1. 技术是什么

古代的技术是劳动者的技巧、技能 and 操作方法,是一种手艺,本质上是人类在生产经验基础上获得的主体能力。

近代科学兴起后,技术不仅是经验的积累和手工艺术,而且离不开科学知识指导。Technology 这个词既有技能、技艺含义,也有学问、学说的含义,不仅有工艺学的内涵,而且包括了技术科学。近代意义上的技术是科学认识成果应用于实践的中介,技术是运用一定的知识、手段和方法,特别是使用机器对物质、能量、信息进行转换、加工,以满足人类实践需要的社会性活动。

当代技术越来越变成一种知识诀窍,但也有一些领域中,技术更具有艺术的性质,如体育表演、操作性技巧等。

2. 技术的本质和特征

技术在本质上体现了人对自然的实践关系,是人的本质力量的展现,属于直接的生产力。所谓人的本质力量,即人类高于动物的认识和改造自然的能动性。

技术相对于科学而言,具有二重性的特征。

(1) 技术既具有自然属性,又具有社会属性。何谓技术的自然属性?它主要表现在两个方面:一是说,技术活动是人与自然之间的物质、能量、信息交换过程,必须遵循自然规律。二是说,技术成果主要表现为物质形态的人工自然物,这些人造物都是从天然自然物转化而来的,是自然界的一部分。从人类利用石器开始,到大规模使用机器和电子计算机,这个庞大的技术体系,都是由大自然提供的物质条件加工形成的。

技术的社会性也主要表现在两个方面:一是说,技术的目的是为了₁满足社会需要,技术的产生、发展更受到社会条件的制约。二是说,技术的应用、设计、风格、方向都要考

虑到社会因素,如人的生理安全、审美、社会伦理、民族风格等因素。有些技术的应用,如安乐死、克隆人、生化武器等不能获得较大的发展,不是自然原因造成的,而是社会伦理不允许。从自然条件看,日本是适合于发展核电的,但由于日本在二战中受到过美国原子弹袭击,国民心中阴影很重,核电发展受阻。

(2) 技术既具有客体性,又具有主体性。技术的客体性指技术手段的工具是客观的物质条件;技术的作用对象也是物质的、客观的。技术的主体性是指技术中也包含主体的知识、技能、经验。因而,技术是硬件与软件的统一。

(3) 技术的社会建构性与相对独立性。技术不是天然生成的,任何技术都是人类建构的产物,因而技术水平和成果的应用同社会经济、政治、文化教育、人的素质等有着直接关系,同国家的技术战略、技术政策、技术价值导向等因素也有重要关系。同时,技术又是相对独立与自主的系统,它受自身内在矛盾的支配而自主运动,有自身的规律,如技术革命、技术传播、技术发明规律等。

(三) 科学与技术的关系

1. 科学与技术的区别

科学与技术是有着不同目的和性质的两类活动,但它们都产生于人类认识和改造自然的实践过程之中,并在实践基础上相互促进,共同发展。这就决定科学与技术既相互区别又相互联系。

(1) 从任务看。科学的任务是认识和说明自然,回答“是什么”和“为什么”的问题,为此要通过认识自然以发现自然现象,揭示自然规律,增加人类的知识财富;技术的任务是利用和控制自然,解决“做什么”和“怎么做”的问题,为此要通过运用自然规律以发明、创造人工自然,增加人类的物质财富。

(2) 从方法看。对科学而言,科学家通过问题→观察→假说→实验→理论等过程,以实现对自然的认识和说明。在科学研究过程中,科学家追求的是尽可能精确的数据和完善的科学原理,经验的估计是不会令人满意的。对于技术而言,工程师通过目标构思→设计→试制→产品等过程,以实现对自然的利用和控制。在技术利用和控制自然的过程中,经验起着十分重要的作用,不仅古代的工匠要运用经验和技能,即使现代的工程师,也要积累和凭借丰富的经验,技术上安全系数的确定,虽然可以事先进行理论计算,但最后仍然离不开经验的估计。

(3) 从结果和评价看。科学发现主要以知识形态的概念、理论表现出来,对其评价的标准为实践标准,用实践来证明其是否合乎实际,是否具有真理性。科学知识只有正确与谬误之分,旧知识总是因为谬误而被淘汰。技术发明既可以以图纸、工艺流程、专利等知识形态表现出来,也可以以物质产品这样的实物形态表现出来。其评价的标准有实践标准和社会价值标准,需要从实用、可行性、经济性、先进性等方面进行评价,旧技术就是因为其在实用性、经济性、先进性等方面不如新技术而被舍弃的。

(4) 从管理看。科学研究在选题方面自由度大,目标相对不确定,劳动的个体性强,在开展科学探索的过程中,不但难以预见在何时会做出何种发现,而且也难以测算出某种发现所必需的劳动时间和成本。此外,科学研究受社会经济、民族地域的影响较小。

技术工作的计划性较强,劳动的集体性强,有相对确定的目标、经费和开发期限,如新产品的研制和设计,一般都有较为明确的方向、步骤、工期和经费预算。此外,技术工作受社会、民族地域影响较大。

(5) 从价值看。科学有长远的、根本性的经济价值、军事价值,此外还有认识的、文化的、教育的、哲学的价值。因此,我们不当只从经济价值和眼前利益去看待科学。技术虽然对科学发展具有推动作用,但更直接的则是它的经济价值、军事价值和社会价值。

2. 科学与技术的联系

(1) 科学与技术互为条件、相互推动。技术对科学的作用表现在 3 个方面。首先,技术对科学有推动与支撑作用。技术直接反映社会生产力实践对人的科学认识能力和知识水平的要求。解决我国众多人口吃饭问题,提出对农业技术革命的要求,进而对粮食种植、增产相关的科学发展提出要求,于是杂交水稻这样的研究课题和相关成果应运而生。新中国成立后,我国石油资源严重不足,要求地质勘探和地质学理论有重大突破,李四光的地质力学对此做出了重大贡献。

其次,技术为科学发展提供资金支撑和技术设备。技术作为直接生产力,成果可以直接面向市场,获得研发收入,用于支持基础科学的研究项目,科学研究所需要的仪器装备也必须由技术部门提供。

再次,技术为科学成果价值的实现提供了市场。

(2) 科学对技术的推动作用表现在指导、提炼、开拓、牵引方面。首先,任何技术创新都必须以科学理论为指导。其次,科学从大量的技术实践中发现问题,积累案例、材料,提升新的认识成果。如大量的医学工作实践和经验上升为医学理论,关于人的饮食习惯与健康的关系方面的理论研究,通过大量案例研究也有了新的突破,“吃出健康”、“吃出长寿”成为医学和生命科学的热点。再次,科学上的重大突破对技术起革命、开拓作用。现代物理学革命对原子结构及粒子运动规律的发展是开拓 20 世纪高新技术革命众多领域的钥匙,是新技术革命,尤其是信息技术革命的动力。

(四) 科学技术发展的基本规律

1. 科学技术发展的内在动力——科学技术系统内部的矛盾

科学技术发展之所以有自己相对独立的规律,主要是由它们特殊的本质及作为一个系统所包含的特殊矛盾决定的。因为矛盾既是构成事物的内容,又是事物发展的动力。

(1) 科学内部的矛盾是科学理论与科学事实的矛盾。这种矛盾通常称科学理论的不完备性。一般表现为某些新发现的观测实验事实很反常,已有科学理论无法解释,或者做出的解释不能自圆其说,存在着漏洞和不和谐之处,这时,理论就面临严峻的挑战。如果死抱住旧的理论不放,科学就不能进步。但是科学家们会从新的值设出发,用不同的观点、方法看问题,提出创新的假说,既能说明传统理论可以解释的那些事实,又可以解释传统理论不能解释的事实,还能做出一些当时的科学尚未做出的新预见,到这个时候,科学内部的矛盾终于产生积极的作用。

15 世纪末,哥白尼为了解决托勒密天文学学说的困境,大胆提出太阳中心说或地动

说。最初,由于自己同宗教神学推崇的“权威”理论相对立,宣传地动说的人遭到宗教裁判所的制裁,如布鲁诺、伽利略都为了宣传真理而遭到迫害。但无数观测实验证明,运动是相对的,太阳处在太阳系所有行星圆周或椭圆轨道的中心或焦点上。太阳中心说符合太阳系结构与力学运动规律的客观实际,因而为日后更多的观测实践所证实,如天文学家和数学家根据天王星运动的观测,断言在它之外还有一颗运动半径更大的行星,这个预言得到证实。

(2) 技术内部的矛盾。技术内部的主要矛盾是技术手段与技术目的的矛盾。所谓技术目的就是技术为实现社会需求而对技术发展方向和创新目标所做的预设。它一方面要考虑到社会需要,即实现目标必要性的一面;另一方面也要考虑科技发展水平、社会经济条件的可能性。技术目的一经设定,就规定了人们技术活动的指向。

技术手段是现有技术设备、技术经验和知识能力的总和,它是实现技术目的的起点和实践前提,但它和技术目标之间也存在矛盾。现有的技术水平、生产手段同社会经济、科技等方面的发展不相适应,使企业、国家和地区在发展竞争中处于不利地位或面临其他方面的挑战,从而提出新的技术目的,对原有的技术手段进行改造更新。解决技术目的和技术手段的矛盾往往是通过发明创造新技术、新设备、新工艺、新的组织管理方式,也包括对原有技术的重组和改造来实现。在新技术的应用、推广中,也会因为同相关技术不协调,进而引起其他技术改造的连锁反应,推动相关的技术创新。如数字化技术应用于战场,不仅直接改变作战手段和战争形式,还引起指挥系统、后勤保障和教育训练手段的创新。

技术目的与技术手段的矛盾不断解决,在它们之间从不平衡到平衡又到新的不平衡,在这种相互作用下,技术目的一般处于矛盾的主要方面,具有能动性;但一定技术手段也不是消极适应性的因素,因为它是由人掌握使用的,人的精神需求,特别是创造的心理冲动总会超越现有条件的状况,构想更先进的技术手段,这时,技术手段又会向技术目的转化。

2. 科学发展模式

关于科学发展的规律及具体表现形式,科学家对科学哲学进行了多方面的研究,产生了一些有影响的学派和学说。

(1) 带头学科发展模式。20世纪50年代,苏联科学家凯德洛夫提出,科学在历史发展的每一阶段都有一门或一组学科处在革命的前沿,它们产生的创新成果渗透到其他知识、技术领域,从而推动这些领域的创新。近代科学兴起时,力学是带头学科。18世纪牛顿力学的创立是这一阶段的标志,牛顿力学的观念、方法和知识推动着化学、物理学、生物学、地学各个领域的发展,使近代科学革命到19世纪中叶达到了高峰,麦克斯韦电磁学理论和达尔文生物进化论的建立,标志着这一阶段的完成,同时也酝酿着新的革命的开始。19世纪末20世纪初的带头学科是微观物理学,它所引了20世纪高新技术革命,促使了20世纪后半叶以微电子技术为核心的计算机与人工智能技术、航空航天技术、生物技术、新材料技术、新能源技术、海洋技术等学科的兴起并成为带头学科。预计21世纪的带头学科将是生命科学。

(2) 世界科学中心转移模式。20世纪60年代,英国学者贝尔纳和日本学者汤浅光

朝提出,自近代科学发生以来,世界科学活动中心每过 70~80 年转移 1 次。科学活动中心一般拥有世界重大科技创新成果的 20% 以上,处于科学中心的地区经济领先、人才辈出,依现代的标志看,在这些地区诺贝尔科学奖获得者居世界首位。如意大利(1540~1610 年)、英国(1660~1730 年)、法国(1770~1830 年)、德国(1840~1910 年)、美国(1920~现在)。从目前看,美国作为现代科学中心还没有很快转移到其他国家的迹象。

(3) 指数、逻辑曲线增长模式。20 世纪中叶,美国社会学家普赖斯和国家图书馆人员赖德根据图书馆藏书增长规律研究科技知识增长的规律。他们发现,自 18 世纪以来图书馆每 16 年增长 1 倍,实际上是指数增长。科学期刊数、学术文摘数、科学家人数等每 10~20 年增长 1 倍。后来又发现,到了一定时间,知识增长会放缓直到下一个科学革命的到来,然后又会呈现指数增长。如果考虑到每一增长周期后期发展放慢的一段时间,那么增长曲线就不是指数曲线,而是 S 形曲线,称为逻辑增长曲线。

(4) 四段式动态模式。英国现代著名哲学家卡尔·波普尔认为,科学发现始于问题,提出问题后,有创新精神的科学家提出猜测性理论,然后经过争论和实验检验,排除其中的错误,新理论上升到权威的地位。但是,它的权威性不是永恒的,过了一段时间,又会有新的观察实验提出它解答不了的问题,从而引发新的科学假说提出。这个发展模式可以概括为 $P_1- TT- EE- P_2 \dots$

(5) 科学革命模式。科学革命这个概念最早是由美国科学文学家托马斯·库恩提出来的。库恩继承了波普尔科学发展模式中合理的东西,认为最早的科学萌芽(如巫术文化)叫前科学时期,之后发展到常规科学时期。如果观察实验发现了常规科学权威理论解释不了的问题,它就会因为反常现象的挑战而面临危机。解决危机的办法是提出一种革命性的新理论,它不仅能解释过去一代的常规科学能够解释的问题,而且能解释反常现象,于是它就取代过去的权威成为新一代的常规科学,但常规科学在解题、应用、发展中最终还会发现新的反常现象,引发新的科学危机和科学革命。

库恩的发现促使了科学发展中认识的飞跃,产生这种飞跃的根本动力是已有的科学理论认识能力同实践能动性的矛盾。正是这种矛盾使科学发展呈现出由量的积累到质的突破的过程,叫科学革命。

(6) 科学研究纲领论模式。20 世纪 60 年代,英国数学家、哲学家拉卡托斯对库恩的科学发展模式做了改进。库恩的学说完全否定了创新理论对传统理论的继承性,仿佛老科学家眼中的世界是完全对立、根本不同的。拉卡托斯认为,每一代占主流地位的科学理论都有自己的“硬核”——科学研究纲领,这是一个科学理论体系的基本假设观点和方法,它在科学理论体系中起支配作用。一个传统的科学理论体系遇到主要是在解题、应用方面,科学理论会调整自己的外围(保护带),以确立核心位。一个处于创新中的研究纲领是它的进化阶段,当它达到成熟、影响达到极入,进入退化阶段,然后迎来新一代研究纲领的进化。18 世纪牛顿为确立近代科学的研究纲领曾经发挥了很大作用,但到 18 世纪末 19 世纪初,他的机械观的局限性逐渐受到批判,到 19 世纪末形成严重的危机局面。20 世纪初,他的地位为现代物理学研究纲领所取代。

二、科学方法论

(一) 科学方法

1. 科学方法是什么

科学方法是从事科学研究所遵循的规则、程序及所使用的知识、技巧和手段的总和。例如,我们的科学思维活动必须遵守逻辑规则和方法;我们收集第一手科研资料必须借助仪器、设备,怎样正确使用这些仪器、设备,怎样记录数据资料,怎样分析、处理资料,怎样提升出有创见的理论?这些都是方法问题。

科学方法论就是关于科学研究中常用方法的一般的理论,是关于科学研究一般的性质、特点、内在联系和发展演变的理论体系。

2. 最常用的科学方法分类

(1) 获取科学事实的方法。包括观察方法、实验方法。

(2) 科学思维方法。即对科学事实进行思维加工的方法,如逻辑思维方法、形象思维方法、直觉、灵感思维方法、分析综合方法、数学方法、形成科学假说的方法、建立科学理论的方法等。

(3) 系统科学方法。包括系统分析与综合方法、黑箱方法、信息方法、反馈方法、自组织理论方法等。

这些方法,不仅适用于自然科学研究,也适用于人文社会科学研究。

3. 观察实验方法

(1) 科学观察方法。科学观察的目的是为了获取科学事实。科学事实有两层含义:一是客观发生的事实过程;二是被观察者记录下来的对事实的描述。我们通常说的科学事实是由观察者加以规范、系统记录的科学事实。如对天文、气象、海洋、生态环境、生物性状的描述和记载,可以作为科学研究的第一手材料。

科学观察是在被观察对象自然发生条件下用感官或仪器有计划、有目的地考察研究事物的方法。通过观测和实验获取经验事实有一些基本要求:这些经过复核、鉴定过的事实必须具有单称性,不能凭笼统的印象或做模棱两可的描述,科学观察还要有可靠性、精确性、系统性。

(2) 科学实验方法。指根据一定的目的,利用科学仪器、设备等物质手段,人为地控制、模拟自然现象,探索自然规律的方法。它和观测方法的区别在于是否对研究对象人为地加以控制。实验方法的特点是对研究对象人为地加以控制、设计,力求排除与研究对象无直接关系的因素干扰,纯化或强化自然过程,揭示因果的必然联系。比如,要研究物体在重力场中自由下落的规律,就要设法使空气阻力作用最小。

实验方法的作用是:它可以简化、纯化研究对象,也可以强化某些条件,如制造超低温、超高压条件,探索极端条件下的自然规律,可以重复演示、再现某些自然现象,也可以人工模拟现实中无法直接实验的过程。这一方法广泛地应用于计算机模拟、战争演习等

实践中。

思想实验又叫理想实验,是以科学原理为指导,运用想象和逻辑思维,构造理想模型,以推理构想实验过程和结果。当现实中没有实验所要求的理想条件时,只有运用这种方法。如伽利略设想物体在不受外力作用下会保持静止或做匀速直线运动,“不受外力”的条件是现实中没有的,只能运用想象和推理才能得出。爱因斯坦思考物体以光速运动时力学定律的形式,现实的物质系统除了电磁波之外是无法接近光速运动的,他使用的也是思想实验方法。

4. 科学思维方法

(1) 科学思维方法的概念。这是对科学事实加工、整理、提取、深化的思维方法,主要是指那些思维步骤清晰、规范,程序比较明确的思维方法,如逻辑方法、提炼科学概念的方法、数学方法等。

逻辑方法包括归纳法、演绎法、比较法、分类法等。形式逻辑所要求的思维原则对达到思维的明确性、内在和谐性具有重要作用,但形式逻辑思维方法也有局限性,它只限于是和否两个答案,而对存在着对立而相互过渡、可能有无数中间形态的复杂事物,形式逻辑的二元对立思维是不够的,必然要运用辩证思维方法予以发展。

科学概念是反映客观事物本质属性的思维形式。对于在观察实验中获取的事实材料,运用比较、分析、综合、提取、概括等方法抽取出一类本质属性,用词汇表征就是概念。我们给事物下定义就是建立概念或陈述概念,这是我们掌握运用科学思维方法的关键,也是建立科学理论、提出科学假说的基石。

(2) 科学思维的一般过程。科学思维的一般过程是具体—抽象—具体。

科学思维的第一阶段的“具体”是感性的具体,即对个别的具体事物认识的感性材料,这些材料是关于事物属性和运动现象的事实。如天文观测需要每天每时记录行星的视位置。

第二阶段“抽象”是指抽象的规定,即透过许多现象的外表抽取出一类事物或某一方面的内在联系和本质规定,思维成果属于概念、判断,因而叫抽象的规定。

第三阶段的“具体”是思维中的具体,是对前两个阶段的综合,是构成具有系统性、全面性的理论体系,是具体的整体。

(3) 科学假说。科学理论未成熟的初始形态是科学假说。它是根据已知的科学原理和事实,对未知自然现象及其规律所做的具有推测性、假定性的说明。

科学假说具有二重性。一是它具有科学性。科学假说既不是主观臆断,也不是浪漫幻想,它是根据科学事实和已有的科学理论对未知事物本质和规律尚不充分、不完备的系统论述,它是潜科学。如在19世纪末至20世纪初关于原子结构模型的探索中,先后提出过均匀模型、有心模型、行星模型、量子模型等,它们都有一定的实验事实依据,但也都未能充分说明关于原子的一切现象,都有不完善的地方,因而不同程度地都具有假说特征。二是假说具有猜测性。这些猜测还有待通过实验去做进一步的证明和检验。

(4) 科学理论。科学理论是从科学实践中抽象出来又为实践所检验证实,反映客观事物本质和规律的知识系统。它通常是在对科学假说选择、完善的基础上形成的。

科学理论的基本特征:一是内容上的客观真理性、全面性。它是主客观相一致的认