

理解科学



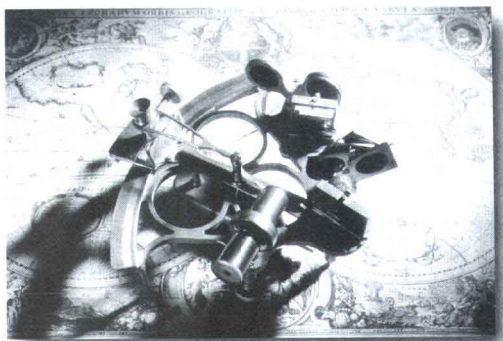
科学知识的生长及意义

UNDERSTANDING SCIENCE

李涛 邵大宏 著



江苏人民出版社



理解科学

科学知识的生长及意义

UNDERSTANDING SCIENCE

李涛 邵大宏 著



江苏人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

理解科学:科学知识的生长及意义/李涛,邵大宏著.
南京:江苏人民出版社,2002

ISBN 7-214-03170-1

I. 理... II. ①李...②邵... III. 自然科学史
IV. G09

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 010913 号

书 名 理解科学——科学知识的生长及意义
著 者 李涛 邵大宏
责任编辑 许尔兵
出版发行 江苏人民出版社(南京中央路 165 号 210009)
网 址 <http://www.jspph.com>
<http://www.book-wind.com>
经 销 江苏省新华书店
印 刷 者 南京五四印刷厂
开 本 850×1168 毫米 1/32
印 张 9.375 插页 2
印 数 1—4040 册
字 数 220 千字
版 次 2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月第 1 次印刷
标准书号 ISBN 7-214-03170-1/G·1051
定 价 20.00 元
(江苏人民版图书凡印装错误可向本社调换)

目 录

导论:科学与科学知识	(1)
一 科学是什么?	(2)
二 科学知识的范围和层次	(10)
三 科学知识在人类知识中的地位	(17)

上篇 了解宇宙——解释自然的知识

第一章 古典的时代	(27)
一 文明的兴起	(28)
二 黄色的智慧	(36)
三 集大成的古希腊	(49)
第二章 分析的时代	(61)
一 力学宇宙的诞生	(62)
二 多学科的并进	(71)
三 经典大厦的确立	(80)
第三章 综合的时代	(92)
一 两极的突破	(93)
二 生命本质的揭示	(104)
三 自然界的演化图景	(112)

中篇 锻造工具——获得知识的知识

第四章 科学方法的确立	(125)
-------------------	-------

一	两种基本工具·····	(126)
二	从工具到工具箱·····	(134)
三	三个方法论案例·····	(141)
第五章	科研的基本途径·····	(154)
一	科研问题和选题·····	(155)
二	观察与实验·····	(163)
三	假说与理论·····	(170)
第六章	科学划界与伪科学·····	(179)
一	科学哲学的划界·····	(180)
二	伪科学种种·····	(189)
三	伪科学的主要特征·····	(200)

下篇 产生动力——创造成果的知识

第七章	技术知识的进化·····	(211)
一	从手工到机器·····	(212)
二	第二次技术革命·····	(222)
三	现代技术革命·····	(232)
第八章	知识时代的来临·····	(242)
一	知识经济·····	(243)
二	知识管理·····	(251)
三	知识社会·····	(261)
第九章	科学与人文的协调·····	(269)
一	科学与文化·····	(270)
二	克隆人与伦理·····	(278)
三	两种传统的和谐·····	(288)

导论 科学与科学知识

广博的知识使我成为神灵。

——济慈

又是一个崭新的世纪。当 21 世纪的晨曦渐露,地球上的人们不禁发出这样的感慨:在人类历史的长河中,科学从来没有像今天这样,已经把它那神奇无比的触角伸入到人类社会的各个角落,对我们的生活产生如此巨大的影响。闭上眼睛想一下,如果没有电灯、电视,没有汽车、火车,没有现代医学、化学和生物学,我们的生存环境,如吃、穿、住、行该是什么样子?

在这个世纪之交,从电视新闻到街谈巷议,有两个新词正让全世界为之激动而又不安:因特网和克隆。它们实际上代表着人类正在经历的两个伟大的科技变革。第一种变革是信息技术方面的,第二种是生物工程方面的。这两种变革不仅正改变着人类的生存环境,并正在改变人的自身。生物工程及医学的革命,将对人的自身产生过去无法想象的影响。而电脑和因特网等信息技术,将极大地促进人类获得和处理信息的能力,开发人类认识、分析和解决问题,特别是知识创新的潜力,改进人的思维方式,变革人的交往途径和组

织形式。单就电子信息科学和技术来说,作为当代自然科学的领头学科,它对人类社会和文化不断产生的广泛而巨大的影响力和变革力,就是无法估量的。

科学对人类如此重要,可是我们对科学究竟又有多少了解呢?背熟了几十斤教科书,为了考试演算了成千上万,乃至数不清的数学、物理、化学习题,是否意味着具备了较高的科学素质?请看看下面一些问题:

- 科学仅仅是教科书上的公式和原理吗?
- 科学在人类文化中的地位如何?
- 中国近代科学技术落后的原因在哪里?
- 达尔文的进化论这类理论是真理吗?
- 科学的方法究竟指什么?
- 中医学是科学吗? 那气功呢?
- 科学和伪科学是泾渭分明的吗?
- 当代的知识概念同古代相比有什么变化?
- 科技进步会产生新的社会风险吗?
- 应该进行克隆人的实验吗?
- 科技知识与人类的理想和幸福是什么关系?

如果你对上述问题都有较清楚的认识,说明你对科学的了解比较深入;否则,作者真诚地邀请您加入到本书的讨论中来,通过书中的对话和交流,或许会有助于您对科学的理解。

一 科学是什么?

科 学 的 定 义

现代科学如同一座宏伟庄严的大厦,作为人类心灵最伟大的奇迹,不可动摇地屹立在今日世界。那么,这座大厦的基础、结构和本质特征是什么?透过它外在的辉煌和那些让人目不暇接、丰富无比

的内部各种房间,我们能否归纳出科学同人类其他成就和奇迹,如文学、艺术的内在区别,能否对科学作出一个较为准确而又简洁的定义呢?

对于究竟什么是科学的追问,常常伴随着激烈的争论。实际上,自然科学各门具体学科内的概念,通常是非常明晰的。比如,物理学中对米的定义:米是国际单位制基本单位中长度的单位,等于氪-86原子的 $2p_{10}$ 和 $5d_5$ 能级之间跃迁所对应的辐射在真空中的 $1,650,763.73$ 个波长的长度。这种定义是物理学家从事研究和学术交流的基础。但是很可惜,对于科学这一概念却不可能有如此精确、并且能得到一致认可的定义。因为,科学作为人类认识世界的复杂的实践活动,其内涵远比作为长度单位的米的概念丰富。对于科学这个概念,人们往往从不同的角度去理解。

首先,从词源上分析,拉丁文 *Scientia* 是学问或知识的意思。英语 *science* 是 *natural science*,即自然科学的简称。但德语里的对应词 *Wissenschaft* 仍然指一切有系统的学问,不但包括英语中的 *science*,还包括历史、语言学和哲学。在我们汉语里,“科”由禾与斗组成,“斗”的意思是“量”。合起来指衡量、分辨谷子的等级品类。因此,可以将中文的科与学的组合,理解为指有关度量 and 分类的知识。这种理解表现出同数量的必然联系,似乎同英语中的自然科学较为接近。

其次,从历史上看,科学是人类实践活动的总结。科学的基础是人的社会实践,正是由于人类社会实践和实际需要的发展,才不断推动科学的进步。随着从实践中提出的新问题,以及人们对问题的新解答,科学不断地发展着,没有终结,也没有边界。科学研究过程,就是人类的社会实践过程。要了解科学,一个简单的办法就是了解科学家们是如何工作的。从近代意大利的物

理学家和天文学家伽利略到我国当代水稻专家袁隆平,从古希腊的数学家欧几里德到现代理论物理学大师爱因斯坦,他们所从事的工作大致可以划分为两类。一类是对观察到的事实作出描述,形成描述事实的经验知识。另一类是对经验事实作出理论的解释,即说明产生这样或那样现象的原因,以及事实之间的因果关系。第一类工作,如伽利略用他自己制造的第一架天文望远镜,发现了木星的四颗卫星。第二类的典型是欧几里德的研究,他将人们经验中零散的平面几何知识,以逻辑为工具,整理成由一系列概念、判断和推理构成的严密而完整的几何学理论体系。

当然,经验和理论是相互依赖、相互渗透、相互依存、相互调节的关系。在科学高度发展和深化的今天,如果一位科学家只拥有某一类的知识,很难作出创造性的成绩。袁隆平院士的杂交水稻研究,如果没有关于基因和生物工程的理论指导,那就如同不带指南针和地图的森林探险者,会不可避免地陷入迷失的境地,最终导致失败的结果。

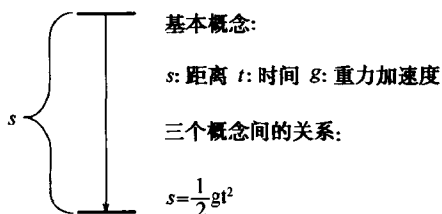
最后,从人类认识发展的角度看,科学是人类认识世界的成果。科学知识作为描绘客观存在某一特定领域的整体图像,它是由许多概念和判断,依据一定的逻辑推导建立的严密的知识体系。比如在牛顿力学中,力、速度、加速度是基本概念,运动三大定律和万有引力定律是基本原理。再以基本原理作为出发点,又推导出许多具体的结论。如牛顿力学中关于行星轨道的描述,关于哈雷彗星近日点日期的预测等。概念的提出和分析,客观理性的探索和判断,是科学研究最基本的要素。

基于上面的讨论,我们在这里倾向于从人类的认识角度,接受以下一种对科学既有针对性且较为简洁的定义:

科学是关于自然现象的有条理的知识,是有关自然的概念

之间关系的理性研究。^①

对这个定义的解释,可以通过有关自由落体运动原理来说明,参看下图:



导论图-1 自由落体运动

对于地球表面的自由落体现象,伽利略的研究作出了开创性的工作。第一步,就是要抓住有关自由落体运动现象的几个基本概念。这些概念至少在一定时期和范围内,应当明确而清晰。如果可能,应尽量给这些概念以数量的规定。伽利略用物体下落的距离 s 和时间 t ,取代了在他之前的古代学者常用的,诸如动因、目的和自然位置等模糊的概念。并且给予 s 和 t 以确切的数量形式,用米或厘米,以及秒作为单位来处理。第二步,就是用客观、理性的方法研究这些概念之间的关系。所谓理性对应于感性,强调以冷静、客观的态度和方法,尽量避免主观的干扰,努力认识事物的真实本质和内在联系。伽利略通过大量的实验和数量分析,找到了这些概念之间的关系,即物体下落距离 s 与时间 t 的平方成正比。至于对这个关系中的比例参数 g ,更为深入的认识是由牛顿作出的。 g 是重力加速度,实际上反映出地球作为一个有一定质量的物体的引力特性。牛顿在伽

^① 丹皮尔:《科学史》,商务印书馆,1987年,第9页。

利略研究的基础上,把引起物体下落的引力延伸到太空,进一步分析了地球对其他天体的吸引力,最终得到了作为牛顿力学的基本原理之一的万有引力定律。^①

由这个例子,我们可以看到,科学研究就是对自然现象中的某个领域提出一些有针对性的概念,并通过理性的研究工作,找到这些概念之间的关系,由此形成科学原理和理论,并最终发展成较为系统的知识体系。经过这种被称为科学的工作,人类将苹果从树上自由下落这样的经验事实,转换和归结成一般性的定律和原理。然后,用具有普遍性意义的定律和原理这类理论知识来解释经验事实,把我们看到的苹果落地的个别现象,归结为万有引力这一普遍性原理发生作用的效应。

科学的主要特征

科学研究作为人类认识活动的典范,是最富有创造性的活动,同时也是最富有规范性的活动。经过几千年,特别是近代科学革命以来的发展和成熟,自然科学逐渐形成了一些基本的特征:

- 定义的精确性
- 研究的公开性
- 收集资料的客观性
- 成果和结论的可重复性
- 对未来事实的可预测性
- 知识的系统性和可积累性

第一,对基本概念定义的精确性是自然科学得以开展的基础。如果伽利略一直沿用古代学者惯用的,那些很容易引起歧

^① 梅森:《自然科学史》,上海译文出版社,1984年,第183页。

义的模糊概念,他的自由落体研究就无法取得革命性的突破。因为像“动因”和“目的”之类的概念是无法确切界定的,更不用说用数量来度量。而没有数量的测定,如何能发现物体下落距离与下落时间的平方之间的正比关系?如果一个植物学家在研究树木时,所使用的概念只是诸如“生命力”这类诗人们爱好的概念,那么现代植物学是永远无法建立起来的。另一方面,只有使用了精确的定义,科学家才能够知晓同行到底在说些什么,才可以开展相互交流。而后来的研究者才能和过去的科学家对话,才能在前人的基础上逐步积累,不断前进。

第二,古代学者的研究工作可以是独立地并悄悄地进行的。中国东晋时期的葛洪,为了炼就长生不老的丹药,作为早期的化学家,可以躲藏在深山密林中专心于事实上的化学药物的开发工作。意大利文艺复兴时期的达·芬奇,因为害怕教会和世俗的迫害,不得不偷偷地解剖尸体。但是,近代科学的诞生和发展使得长期孤立且秘密的研究成为了历史。科学家必须开展学术交流,他的研究成果必须接受社会的检验。这是因为,只有公开的交流才能得到足够的信息。否则,在发展迅速的知识爆炸的信息时代中,科学家会因为得不到及时相关的信息而被淘汰。其次,现代科学已经形成了较为规范的学术体制,古代学者的知识作坊和师傅带徒弟的科研方式,根本不可能适应当前科学研究纷繁复杂、规模巨大、进展迅速、跨学科合作、投资日益增大的趋势。研究者只有投入到由具体学科领域的科学家组成的科学共同体中,他的科学研究才能走上正轨,才可能不断取得学术成果。

第三,科学作为人类知识的最高形式,它以客观的现实世界作为研究对象,它是对客观现实的系统而深刻的认识。科学作为人对客观现实的描述、理解,在形式上是主观的,但在内容上

却是客观的。这就要求在资料的获得和收集,尽可能保持信息的客观性。例如,从事化学分析的人员不应当是色盲,因为由于视网膜的锥状细胞内缺少某些成分,色盲患者不能或极难辨别颜色。化学试剂的颜色受到观察者眼睛的歪曲,其客观性也就无法得到保证。所以,科学强调所谓主体间性,即对一个事物的特性的描述,应取决于不同观察者在正常情况下的观察和理解。不规范的、偶然性的孤立描述往往是不可靠的。

第四,与上一个特征密切相关的一个要求就是,要保证和证明研究的客观性,你的研究过程和结论必须能够让其他科学家在相同条件下可以重复。科学最基本的追求是真。在科学史上,如果一项发现或发明长期无法重复,往往预示着其中存在着某种问题。二十世纪30—60年代,苏联遗传学界曾出现过一位大投机家李森科。他号称自己在农业育种研究中有突破性的进展,可是国外科学家根本无法重复他的实验。他利用政治骗术一度飞黄腾达,成为苏联科学院院士、九次列宁勋章获得者、苏联英雄和最高苏维埃副主席。但是假的终究是假的,随着时间的推移,李森科这位科学痞子最终还是被钉牢在科学史的耻辱柱上。

无独有偶,刚进入新世纪,日本考古界也爆出了一大丑闻。2000年11月5日,日本多家电视台同时披露,自学成才的日本考古界的巨星藤村新一,原来是一个捏造石器证据的骗子。他通过偷偷将事前准备的石器埋入地下,然后发掘出来的手段,竟然哄骗了日本公众多年,并被誉为“发掘石器之神”。实际上,藤村的“伟大发现”只有他自己才能做到,因为别人根本无法重复。因此,早就有其他考古学家对他的辉煌成就提出质疑。可惜,日本政府文部省的一些人,沉醉在这位大师把日本文明史从3万年提前到60万年、70万年的奇迹中,为他盲目地推波助澜。当

《每日新闻》的摄像机将溜进挖掘现场,正在偷放石器的“神手”拍个正着时,日本当代考古界的奇迹顷刻间就灰飞烟灭了。只给人们留下了值得深思的一个笑柄。^①

第五,科学的目的不仅在于了解宇宙自然,还在于通过掌握自然规律对未来进行可能的预测,以此解决人们的生产和生活问题。天王星发现后,天文学家观察到,它的运行轨道与理论上的椭圆形有所偏差。有人提出,天王星的这种偏差可能是附近还有一颗未知行星的干扰造成的。1846年,柏林天文台台长加勒(1812—1910)根据法国天文学家勒威耶(1811—1877)的来信,终于在距离计算值很近的地方,找到了一颗新行星——海王星。科学的预测能力在宇宙探索中得到了很好的展示。当然,随着研究对象的复杂化,预测的结果并不一定是一个准确的数值,也可能是某种事件发生的可能性,如天气预报下雨的概率。但是,对预测性的追求始终是科学家的目标。

第六,科学作为描绘客观现实某一特定领域的整体图画,它必然高于人们生活中的点滴零散的感受和一时的灵机一动。平时的经验可以经过筛选、整理,上升转化为科学原理。科学知识不能离开由许许多多概念和原理构成的,具有严密逻辑关系的知识体系。产生这种严整的体系,一方面是由于科学对象本身的复杂性和多样性,使科学知识形成了复杂、多样的内部结构。另一方面,只有形成一定的体系,科学知识才能随后代科学家的努力,逐渐积累发展起来。零散的经验如果不经过总结,很快就会被遗失在历史的长河里。人类的科学知识既像一座有着广泛而深厚的地基,并且不断生长着的大厦,也像包含着各种建筑工具和劳动者的工地。完成的殿堂是科学知识的一部分,施工的

① www.ceph.com.cn/bkxz/4rbkg.htm <http://chinaroom.3322.net/jp15.htm>

工具和图纸也是科学知识的一部分,而建筑师、工程师和工人头脑中的蓝图、方法和经验,同样是科学知识中不可缺少的组成部分。这些知识作为框架结构、作为水泥砖瓦、作为施工经验、作为工具方法和设计理念,不断相互对话、相互交织、相互影响、相互作用,使科学的大厦不断扩大、修正和成长。

二 科学知识的范围和层次

科 学 的 范 围

科学知识的体系虽然庞大而复杂,但是由于内在的逻辑性,必然是有规律可寻的。我们首先横向讨论一下科学的知识结构。

关于学科分类,恩格斯早在十九世纪 70 年代,就曾经提出按自然界中五种基本的物质运动形式:机械运动、物理运动、化学运动、生物运动和社会运动,对应于力学、物理学、化学、生物学和社会科学五大门类的学科。恩格斯认为,每一门科学都是自然界中某类运动形式的反映,“因此,科学分类就是这些运动形式本身依据其固有次序的分类和排列。”^① 随着人类认识能力的提高,科学知识日益发展和完善,自然科学所包容的范围急剧扩大。现代科学在高度分化与高度综合的基础上,走向了整体化,发展成为一个庞大的体系,因而学科的划分也呈现出多样性。但是大致上,我们可以将现存的几千门自然科学学科划分为三大门类:基础科学、技术科学和应用科学。

基础科学是对自然界基本规律的认识,它研究各种物质形态的基本规律,物质的基本结构和特性等,对科学的发展具有主导作用。一般基础科学是指:数学、物理学、化学、天文学、地学、生物学,它们是现代科学大厦的基石。需要指出的是,数学是研

^① 恩格斯:《自然辩证法》,人民出版社,1984 年,第 149 页。

究数量关系和空间形式的科学。它概括了物质运动形式中量的关系和时空的基本特性,总结出量之间的推导和演算的具体方法。作为各门学科的基本工具,数学知识处于一种特殊的地位。因此有人认为,数学同其他几门基础科学不在同一个知识层次上。基础科学的研究有助于科学技术基础性问题的解决。基础科学作为物质运动最本质规律的反映,虽然通常与生产实践的关系较为间接,需要一系列中间技术环节的过渡。但是,其基础的推动性作用可带来人类文明质的飞跃,为社会进步作出划时代的贡献。例如,原子核物理学对中子与铀核相互作用的研究,导致了铀裂变反应的发现。人类通过对原子核裂变反应的控制,进入到核能时代。

技术科学研究各个专业技术的基本原理和理论。它的研究对象比基础科学的研究对象更具体,是联系基础科学与专业技术的纽带。技术科学发展极为迅速,知识更新率很快。它自十九世纪从基础科学中分化出来以后,发展迅速。例如二十世纪初,力学的发展开始脱离基础物理学的领域,走上了技术科学的道路,迅速建立起如流体力学、空气动力学、弹性力学、固体力学等近 160 门学科。

应用科学是生产技术的科学总结,也是技术科学在生产领域中的具体应用。应用科学的研究方向性很强,研究目的十分明确,如制订出合适的工艺流程等。它的专业范围比较狭窄,与具体的生产领域最为接近。

科学知识的积累和范围的扩大,既反映出自然界本身的结构性,也体现出人类认识发展的过程性。从横向科学知识,即以学科划分的知识发展来看表现出如下的规律:

首先,自然科学在分化更加精细,新的分支学科层出不穷的同时,呈现出日益整体化的趋势。基础科学、技术科学和专业技

术三大门类相互联系和支撑,不断分化和综合,共同构成一个统一而庞大的科学技术体系。尤其是十九世纪以前,各门学科之间因分化导致的差别越来越大的情况,现在则通过以原有学科相互交融产生的边缘学科而弥合起来。这些边缘学科,作为科学知识新的生长点,使不同的科学方法和研究对象有机地结合起来,极大地加强了各门学科之间的相关性。例如天文学同其他学科相结合,出现了许多新的边缘分支学科,如天体物理学、天体生物学、宇宙化学、天文地质学等。而一些横向学科,如系统论、控制论等,则反映了各门学科研究对象中所共有的特性和规律。

其次,现代科学的研究方法相互转移,并日趋数学化。客观世界的事物是质和量的辩证统一,从定性的方面研究只是开始的第一步。通过对自然进行定量的研究,才能更精确地认识自然,揭示事物的量的本质和规律性。科学知识的数学化,反映出各门学科知识的概念和基本方法的内在联系和沟通,反映出人对知识理解的深化。

再次,从学科分类的角度看,科学知识的发展是不平衡的。它们在不同时期起着不同的作用,在科学大厦中占据着不同的位置,变换着不同的目标。苏联前自然科学和技术史研究所所长凯德洛夫认为,在一段时间里,一个学科或一组学科作为带头人发展迅速,为其他学科拓展道路。^①如文艺复兴时期,力学、天文学发展较快,力学是那个时期的带头学科。其后是化学、物理学和生物学。当代则是微电子技术、信息技术和生物工程等学科形成的领头学科群体。

最后,科学、技术和生产知识之间联系的更加紧密,正成为

^① 凯德洛夫:《自然科学发展中的带头学科问题》,见《社会发展和科技预测译文集》,科学出版社,1981年,第24页。