

科学思想文化丛书

什么是科学

李醒民 著

What Is Science



1897-1897

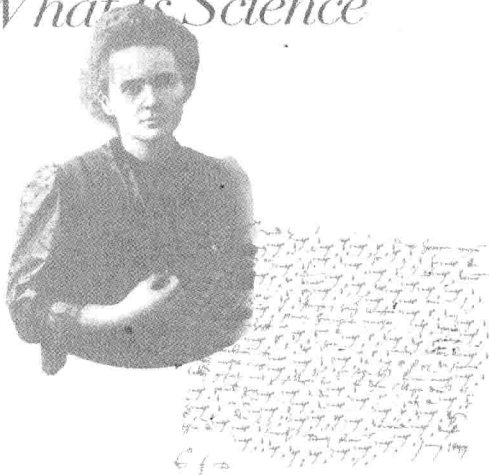
商務印書館
The Commercial Press

科学思想文化丛书

什么是科学

李醒民 著

What Is Science



创立于1897

商务印书馆

The Commercial Press

2014年·北京

图书在版编目(CIP)数据

什么是科学/李醒民著. —北京:商务印书馆,2014
ISBN 978-7-100-08689-9

I. ①什… II. ①李… III. ①科学学—研究 IV. ①G301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 050988 号



所有权利保留。

未经许可,不得以任何方式使用。

什么是科学

李醒民 著

商务印书馆出版
(北京王府井大街 36 号 邮政编码 100710)
商务印书馆发行
北京市松源印刷有限公司印刷
ISBN 978-7-100-08689-9

2014 年 12 月第 1 版 开本 880×1230 1/32
2014 年 12 月北京第 1 次印刷 印张 10³/₄

定价:28.00 元

科学是人类文化最高最独特的成就

——出版者的话

人类社会发展到今天,科学技术对社会的推动作用日益为人们所重视。正如德国哲学家卡西尔所言:“科学是人的智力发展的最后一步,并且可以被看成是人类文化最高最独特的成就。它是一种在特殊条件下才可能得到发展的非常晚而又非常精致的成果。”“在我们现代世界中再没有第二种力量可以与科学思想的力量相匹敌。它是我们全部人类活动的顶点和极致,被看成是人类历史的最后篇章和人的哲学的最重要的主题”。

世界各国无不重视科学技术在国家发展中的地位作用,无不重视国民科学思想的培育养成,并始终将其视为国家核心竞争力的基础,教育的重要任务。为应对世界格局的不断变化,继续保持教育的领先水平和科技的创新实力,美国在2007年颁布了《美国创造机会以有意义地促进技术、教育和科学之卓越法》。该法案明确提出加强科学、技术、工程和数学(STEM)教育在国家教育中的地位作用,把STEM教育提到了国家战略发展的高度。因该法案英文缩写为America COMPETES Act,通常又被人们称为《美国竞争法》。2008年美国国际教育技术协会在修订《国家教师教育技术标准》时,也把发展和创新确定为标准修订的主导思想。明确指出:“世界变了,学生变了,学习方式变了;教师教学,也必须变化!”

2 什么是科学

2011年,美国国家科学院研究委员会在发布的《成功的K-12阶段STEM教育:确认科学、技术、工程和数学的有效途径》中进一步明确,中小学(K-12阶段)实施STEM教育的目标主要包含三个方面:一是扩大最终能在科学、技术、工程和数学领域学习高级学位与从业的学生人数,同时有效扩大科学、技术、工程和数学领域中女性和少数族裔的参与度;二是培育更多具有科学、技术、工程和数学素养的劳动力队伍并尽力扩大这一领域人员中女性和少数族裔参与度;三是提升所有学生的科学、技术、工程和数学素养,包括那些并不从事与科学、技术、工程和数学职业相关工作的学生或继续修读科学、技术、工程和数学学科的学生。

它山之石可以攻玉,我们编辑出版这套科学思想文化丛书,就是旨在让科学这一“人类文化最高最独特的成就”焕发应有的光芒,扩展公众的阅读视野,培育广大青年学生学习探究的兴趣,也为广大教师的教学提供一种参考。

科学思想文化丛书编委会

2014年11月

目 录

引言

什么是科学·····	1
------------	---

科学动机

科学的动机·····	25
科学探索的动机或动力·····	30
思想领域中最高的音乐神韵·····	51
科学发展和科学革命的内在动力·····	72

科学结构

科学理论的要素和结构·····	82
哲人科学家眼中的科学理论的认知结构·····	103
科学不可避免的主观性·····	116

科学本性

完整而准确地理解科学·····	138
科学和技术异同论·····	149
科学的自由品格·····	171

科学价值

科学与人生的关系·····	177
关于科学与价值的几个问题·····	192
科学是价值中性的吗·····	220
科学中的价值·····	236

2 什么是科学

科学文化

科学文化概观·····	259
科学是一种文化形态和文化力量·····	263
科学文化及其特性·····	272
在两种文化之间架设沟通的桥梁·····	295

什么是科学*

科学^①是人类文明和文化发展的最近的产物,但是它却构成了我们时代毋庸置疑的特征,并且正在铸造世界的未来。科学以技术为中介所发挥的物质功能惊天动地,有目共睹。科学作为形而上的思想成果,更具有神奇深邃的精神功能,令人不能不刮目相看。科学也是人性,尤其是人的理性以及非理性展示的广阔舞台。要知道,“我们最有价值的资源是智力和独创性”^②,而科学正是人的智力和独创性最宏伟的释放和最集中的展现。卡西尔的概括掷地作金石声,不愧为经典性的隽语箴言:

科学是人的智力发展的最后一步,并且可以被看成是人类文化最高最独特的成就。它是一种在特殊条件下才可能得到发展的非常晚而又非常精致的成果。……在我们现代世界中再没有第二种力量可以与科学思想的力量相匹敌。它是我们全部人类活动的顶点和极致,被看成是人类历史的最后篇章和人的哲学的

* 原载长沙:《湖南社会科学》,2007年第1期,出版时题目有改动。

① 我们约定,本书中的“科学”主要指称“自然科学”,其含义与英语 science 相同。除非特别强调时使用“自然科学”,一般均以“科学”名之。当然,中文语境中的“科学”有时也包括部分在方法上和结构上与自然科学比较接近的社会科学学科在内,如技术经济学、数学金融学、科学技术考古学以及社会学、人口学中的某些分支等。我们一般不称关于人文的知识体系为“人文科学”,而称“人文学科”。

② G. T. Seaborg, *A Scientific Speaks Out, A Personal Perspective on Science, Society and Change*, Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 1996, p. 390.

最重要的主题。^①

既然科学在人类历史中的作用和地位如此显赫,如此举足轻重,不言而喻,它肯定会成为公众关注和探讨的论题。在面对科学或着手研究科学之时,人们自然要问:“科学是什么”或者“什么是科学”?

在回答这个问题之前,我们不妨引用一下古罗马基督教神学家奥古斯丁的一段话。在回答“时间究竟是什么?”这个问题时,这位神学大师开门见山地说:“没有人问我,我倒清楚,有人问我,我想说明,便茫然不解了。”^②像时间概念一样,诸如宇宙、自然、空间、物质、精神、社会、文化、技术等“大概念”,也是一个不问好像还明白、欲说反倒犯糊涂的话题,科学概念也不例外。但是,基于本书的立意,我们还是要尽可能地厘清科学的含义,大体把握它的内涵和外延。

要给科学下一个简明而精确的定义,或者给科学程序一个充分必要的条件,或者界定科学的恰当的内涵和外延,都是相当困难的,甚至是不可能的。因为科学的内涵和外延十分丰富,在历史上变化多端,而且还有一般而言的科学和科学在特定境况下所采取的特殊形式的区别。没有人能够给科学下一个完备的定义,没有人能够概括科学的全部含义和确立它的明晰边界。

许多企图定义科学的学者都感受到这个困难之艰巨。麦卡利斯特坦言,科学实践表明,科学在不同的科学分支、历史时期、研究院和个体科学家中采取不同的形式。在所有这些多样性中,还没达到可以说明科学实践的统一模型。^③拉维茨认为,术语“科学”具有模

① 卡西尔:《人论》,甘阳译,上海:上海译文出版社,1985年第1版,第263页。

② 奥古斯丁:《忏悔录》,周士良译,北京:商务印书馆,1963年第1版,第242页。

③ J. W. McAllister, *Beauty & Revolution in Science*, New York: Cornell University Press, 1996, p. 1.

糊性。它意指“纯粹的”或“基础的”，还是“应用的”或“任务取向的”（mission-oriented），或者是“R&D”，或者是在各个时间和地点它们以所有的各种比例的混合呢？不同的名称涉及不同的活动，每一个都有它自己的内部的和外部的目标和思想体系。因此，角色的复杂的多重性和必然发生的自我意识的模糊性，现在是科学的本质结构的特征。^① 莫兰径直指出：

“什么是科学？”这个问题现在还没有科学的答案。盎格鲁—撒克逊的认识论的最终发现是：被大多数科学家承认是科学的东西是科学的。这表明，在把科学作为科学的对象和把科学家作为主体来考察方面，还没有任何客观的方法。

他甚至这样强调：科学不是纯粹的；寻求纯粹科学的清晰和明确的界限，澄清何谓科学的事物和何谓非科学的事物，是一种错误的想法，我甚至说归根结底是一种古怪的想法。^② 林德伯格一言以蔽之：要给科学下一个人人满意的定义，是十分令人头疼的问题。^③

^① J. R. Ravetz, *The Merger of Knowledge with Power, Essays in Critical Science*, London and New York: Mansell Publishing Limited, 1990, p. 149.

^② 莫兰：《复杂思想：自觉的科学》，陈一壮译，北京：北京大学出版社，2001年第1版，第88、40页。与此相关，莫兰也指出，科学地认识科学的困难由于这种认识论的悖论的特点而增加：认识的前所未有的进步和无知的出乎意外的增长相关联；科学认识论的造福方面的进展与它的有害和致命方面的进展相关联；科学力量的不断增长和处于社会中的科学家越发无法控制科学本身的力量。科学的力量在研究领域是分散的，但是在政治和经济的领域里被集中和联合。自然科学的进展引起有关社会和人类的问题研究的倒退。此外，科学知识的超级专业化今后将使科学知识化为零散的碎片，从而变得不可能科学地思考个人、人类、社会。最后，尤其重要的是，知识/力量的零散化的过程如果在科学内部没有予以抗衡的力量，将导致知识的意义和功用的完全改变。知识产生出来不再是被人类思想、反思、探究和讨论，以便启发他们对世界的看法和在世界中的行动，而是用于储存在资料库里供非人的强大实体操纵。参见该书第88—89页。

^③ 林德伯格：《西方科学的起源》，王珺等译，北京：中国对外翻译出版公司，2001年第1版，第3页。

也许是人的探险欲和冒险本性——“明知山有虎，偏向虎山行”——使然，不少学者还是力图尝试定义科学，即便定义不是十全十美的。其中，有的是从知识体系或学科的视角下定义的。例如，康德显然考虑到科学的词源和德语语境，他的定义简洁明了：“每一种学问，只要其任务是按照一定的原则建立一个完整的知识的话，皆可被称为科学。”波塞尔对此发挥道：

科学不仅为我们提供“工具知识”，亦为我们提供“定位知识”。工具知识的意思是通过科学我们得到一定的工具，借以可以达到一定的目的；定位知识的意思是科学为我们提供了人与世界的秩序，借以我们有能力确定自己要达到的目的。^①

《苏联大百科全书》第二版也对科学作如是观：“科学，是在社会实践的基础上历史地形成的和不断发展的关于自然界、社会和思维及其客观发展规律的知识体系。……从实在的事实出发，科学揭示现象的本质联系。”^②霍奇森对于作为知识体系的科学阐述得相当精辟：“科学的宽泛的定义可以说，科学是主要的定量知识的集合体，这些知识是人通过能动的努力，以系统的和可交流的方式理解他的周围事物和他自己而建立起来的。”所谓知识的集合体，我们不仅意味它的概念以确定的和一致的方式关联在一起，它是一个结构，而且也意味在科学的比较发达的领域，这些关系总是定量化的，能用数学术语表达。科学在它的客观的和持久的意义上是知识。科学涉及人周围的事物，意指

① 波塞尔：《科学：什么是科学》，李文潮译，上海：上海三联书店，2002年第1版，第11、243-244页。

② 拉契科夫：《科学学——问题·结构·基本原理》，韩秉成译，北京：科学出版社，1984年第1版，第33页。

我们通过我们的感官和仪器感知物质客体。科学必须是系统的,否则它就不会构成首尾一贯的知识本体。科学是可交流的,只有当科学家把自己的发现能与其他科学家交流,并被他们吸收或检验时,它才能成为科学共同体的集合精神。科学也是动态的,它连续地扩大它的前沿和加深它的知识。^①

在从知识体系的视角着眼时,霍奇森大半是就自然科学而言的。不过,专门针对自然科学的定义也比比皆是。克龙比说:“当我们今天谈到自然科学时,我们意谓在西方文化中创造出来的一种同时对知识和知识的对象的特殊洞察,一种同时对自然科学和自然的洞察。”在合理性的科学系统中,形式的推理与自然的因果性匹配。与因果论证的概念平行的是形式证明的概念。从这两个概念出发,西方自然科学的所有形式和风格随之而来。于是,在西方文化中,我们有一个高度理智化的和集合在一起的在心中构思的思想整体。^②

科学也意谓一种门类的学科总称或科学的各个分支学科。拉维茨指出,科学(或每门科学)是一门学科。这个事实尤其隐含着,科学以某种方式是系统的和综合的;它具有特征性的方法,处理特殊类型的问题,提出特殊类型的答案,随之携带结果(常常变化)的储存以及特征性的一组预设(有时也变化)。^③ 同样,也有专门就自然科学学科而下定义的,此处仅举二例。其一说:自然科学是理论说明的学科,该学科客观地在普遍的限制内处理自然现象,这些限制是:它的理论必须能够合理地与普遍列举的经验现象关联起来;它正常地未脱离自然

① P. E. Hodgson, *Presuppositions and Limits of Science*, G. Radnizky and G. Anderson ed., *The Structure and Development of Science*, Dordrecht and Boston: D. Reidel Publishing Co., 1979, pp. 133 - 147.

② A. C. Crombie, *Designed in the Mind: Western Vision of Science, Nature and Humankind*, *Hist. Sci.*, xxvi(1988), pp. 1 - 12.

③ D. Ratzsch, *Science & Its Limits, The Natural science in Christian Perspective* (Second Edition), Illinois and England: Inter Varsity Press, 2000, p. 12.

王国达到在它的说明中使用的概念。^① 其二说：

“自然科学”的表达意指取向于研究本来客观存在的、在其直接给予性中的自然之广阔的认知领域。由于把它看做是知识发生的形式，所以自然科学是有不同组成的和多维度的。它包括大量的由理论同化取向统一起来的学科、水平和结构。^② ~

人们在谈论科学的外延时，往往也是就作为知识体系的科学而言的。在本书中，我们按照一般的看法，把科学的外延主要限定在自然科学的范围内，当然也包括部分较多运用科学方法、在形式和结构上比较接近自然科学的社会科学。我们一般不称人文学科为科学。显而易见，我们的科学概念比英语或法语的 science 要宽泛一些，但是比德语的 Wissenschaft 或俄语的 наука 却要狭窄得多。因此，本书中所说的“科学”，在大多数情况下是“自然科学”的简称。我们所谓的自然科学是经验的或与经验多少相关的^③，因此严格地讲，数学并非自然科学，而属于广义的逻辑范畴。但是，出于习惯和方便的考虑，还是把它归于自然科学——数、理、化、天、地、生的统称。

中国学人在五四时期^④已经认识到这一点。除了前面引用的任鸿隽的言论外，陈独秀也说过：“科学有广狭二义：狭义的是指自然

① D. Ratzsch, *Science & Its Limits, The Natural science in Christian Perspective* (Second Edition), Illinois and England: Inter Varsity Press, 2000, p. 13.

② V. Ilyin and A. Kalinkin, *The Nature of Science, An Epistemological Analysis*, Moscow: Progress Publishers, 1988, p. 103.

③ 要知道，“自然科学不是亚里士多德意义上的纯理论规则，也就是说，不是纯沉思的东西”。参见帕朗-维亚尔：《自然科学的哲学》，张来举译，长沙：中南工业大学出版社，1987年第1版，第223页。

④ 笔者在诸多场合提及，笔者所谓的“五四时期”，意指1919年前后的时期，尤其是指中国科学社筹组的1914年至科学与玄学论战的1923年之间，也可以适当上溯和下延。

科学而言,广义的是指社会科学而言。社会科学的拿研究自然科学的方法,用在一切人事的学问上。……凡是用自然科学方法来研究、说明的都是科学,这乃是科学最大的效用。”^①其实,陈独秀最后一句话是采纳皮尔逊的观点:“整个科学的统一仅在于它的方法,不在于它的材料。”“形成科学的,不是事实本身,而是用来处理事实的方法。”^②在这里,

我们既反对把科学的范围无限制地扩大,也特别强调科学是知识的体系或体系化的知识^③。基于这一思考,我们认为,人文科学的绝大多数领域乃至整个领域、社会科学的相当部分,难以纳入科学的范畴——这决不等于贬低人文科学的地位和重要性,它们在某种意义上比科学更有价值;这只是表明它与自然科学差异太大,无法等量齐观。另外,常识本身是知识,但却不能算作科学,因为它是表观的、零散的,根本不成体系。常识对于人的日常生活来说也许是好向导,甚至须臾不可或缺的,但是在科学中却没有它的地位。常识也许在科学的起源中起过某种作用,但是它往往与成熟的科学相悖——科学在某种意义上是对常识的背离,比如哥白尼的日心说,爱因斯坦的相对论以及量子力学理论等。

正是出于以上考虑,我们不赞同卡纳普的下述观点:我们在最广泛的意义上使用“科学”一词,包括所有的理论知识,不管它是自然科学领域还是在社会科学或所谓的人文学科领域,不管是借助特殊的科

① 陈独秀:《新文化运动是什么?》《新青年》第7卷,第5号。

② 皮尔逊:《科学的规范》,李醒民译,北京:华夏出版社,1999年第1版,第15页。

③ James Couant 的科学定义特别强调这一点。他说,科学是“作为实验和观察的结果而发展的、丰富进一步的实验和观察的概念和概念图式的相互关联的系列”。参见 G. G. Simpson, *Biology and the Nature of Science*, *Science*, 139(1963), pp. 81-88.

学程序发现的知识,还是基于日常生活中的常识的知识。^①

科学是我们心智的主要活动之一,是我们用以考察我们的世界的方式。如果我们认为科学是创造知识而不是知识本身,于是科学经常与“研究”几乎等同起来,终于意味着一个过程,而不是一堆静态的学说。^②像辛格一样,从科学是研究过程或探索过程——当然主要是以自然为研究或探索对象的——看问题的定义亦不在少数。李克特一针见血地指出:

科学暂且被定义为一个过程,或一组相互关联的过程;通过这个或这组过程,我们获得了现代的、甚至是正在变化之中的关于自然世界(包括无生命的自然界、生命、人类和社会在内)的知识。通过这个过程获得的知识可以被称为是“科学的”,而且在某个时期被认为是科学的知识,很可能在以后的日子里被认为是过时的。^③

此外,杜兰德和莫尔的科学定义也如是观:“科学者,发明天然之事实,而做有统系之研究,以定其相互关系之学也。”^④科学的定义可以表述为:“人类为取得真实知识而进行的一种系统的精神探索。”^⑤

在科学研究过程中,由于科学方法是须臾不可或缺的,或者说贯穿在探索过程的始终;尤其是,只有运用科学方法从事研究,才能得到科学的结果。因此,科学方法就成为这一过程中的主导要素和决定力

① R. Carnap, *Logical Foundations of the Unity of Science*. R. Boyd et. ed., *The Philosophy of Science*, A Bradford Book, Cambridge: The MIT Press, 1991, pp. 393 - 404.

② 辛格:《科学》,邱仁宗译,北京:《自然科学哲学问题丛刊》,1979年第2期,第29-32页。

③ 李克特:《科学是一种文化过程》,顾昕等译,北京:三联书店,1989年第1版,第3页。

④ 杜兰德:《科学之应用》,《科学》,1919年第4卷,第6期。

⑤ 莫尔:《科学伦理学》,黄文译,北京:《科学与哲学》,1980年第4辑,第84-102页。

量。顺理成章的是,人们便以方法——我们仍将其纳入研究过程的视角——定义科学。莫里斯·科恩径直指出:“简单地说,科学是一种方法,它确定和指明能用以找到系统认识的方法。”^①其他人也是如此这般处理的:科学是叙述、创造与理解人类经验的一种方法。人的经验系指人的一切感觉印象以及对这些感觉的意识的反映。“科学是叙述、创造与理解人类经验的一种方法。”^②“科学可以用以指示一种有系统地获致知识的方法、活动和结果。”^③当然,也有以回答问题的类型界定科学的,但是现在被在研究中运用的方法取而代之——科学附属于方法或过程^④。

如果仅仅从知识体系和研究过程的视角定义科学,并不能窥见科学之全貌,因为科学是一种社会活动或社会现象。研究过程固然在不少情况下属于社会的行为,但是作为社会活动或社会现象的科学更多地体现在科学的社会建制方面。为此,我们转向从社会建制的视角观察科学。

弗兰西斯·培根也许是最早详细描绘科学的社会建制的先知。

① 拉契科夫:《科学学——问题·结构·基本原理》,韩秉成译,1984年第1版,第31页。

② 林德赛:《科学与文化》,方祖同译,台北:协志工业出版股份有限公司,1976年第1版,第2章。

③ 沈清松:《解除世界的魔咒——科学对文化的冲击与展望》,台北:时报文化出版有限公司,1984年第1版,第31页。

④ 例如,亚里士多德最早探讨了什么是“科学的”。他宣称,阐明“事物的为什么”是科学的全部工作,这反过来把他导向他的因果性学说;他把关于事物的科学知识(称之为 X)与回答“ X 为什么”的所有方式等价。如果我们能够说“ X 因为 Y ”或“ Y 至少是结果 X 的必要条件”,那么这就是属于科学的断言类型(当然,这样的断言还可以为真或为假)。事实上,亚里士多德的观点是,科学是借助于它必须回答的那类问题决定内容的。现在,这在很大程度上被基于方法的程序取代了:科学附属于方法,即附属于过程。参见 R. Rosen, On the Limitations of Scientific Knowledge. J. L. Casti and A. Karlqvist ed., *Boundaries and Barriers, On the Limits to Scientific Knowledge*, Boston: Addison Wesley Publishing Company Inc., The Advanced Book Program, 1996, pp. 199 - 214.

在新大西岛,人们兴建和创办了所罗门之宫。它是一个教团,一个公会,是世界上一个最崇高的组织,也是这个国家的指路明灯。它是专为研究上帝所创造的自然和人类而建立的。这个机构的目的是探讨事物的本原和它们运行的秘密,并扩大人类的知识领域,以使一切理想的实现成为可能。这个机构有形形色色的措施和设备,例如储存和试验各种物质的洞穴和高塔、养鱼和水禽的咸水湖和淡水湖、人造井和温泉、宏伟宽敞的建筑、保健院、果园和花园、动物园、药房和药店、制造技术、熔炉、光学馆、音乐馆、香料馆、机器馆、数学馆、幻术室等等,以便进行各种各样的实验和研究。这个机构的工作和任务是:到国外收罗各地的书籍和论文以及各种实验的模型;收集各种书籍记载的实验;收集所有机械工艺和实际操作方法;从事有用的新实验;把以上实验制成图表,从中得出知识和定理;观察同伴的实验,说明事物的本原和预见将来的方法,并对万物的性质和构成做出顺利可靠的发现;举行各种会议和讨论,在总结以前的经验后进行更高级、更深入的自然奥秘的实验;执行计划中的实验,并提出报告;把试验中的发现提升为更完全的经验、定理和格言,以解释大自然。这个机构还有它的诸多规章和仪式。^① 在这里,培根实际上已经明确地把科学视为社会活动,尤其是社会建制。当然,培根对作为社会建制的科学只是做了生动形象的描绘,后人则从社会建制的视角设法给科学下定义。其中一个定义是这样的:

科学是一种特殊的社会活动,是一个相对独立的社会体系,这个体系把科学家和科学组织联合起来,为认识实在的客观规律和确定实际应用这些规律的形式和途径服务。^②

① 培根:《新大西岛》,何新译,北京:商务印书馆,1959年第1版,第17-18、28-37页。

② 拉契科夫:《科学学——问题·结构·基本原理》,韩秉成译,1984年第1版,第37页。