1

•••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••

**介绍**

* 1. **出发**

这本书是对大约一百年有关科学本质争论的调查。我们将回顾一百年来关于科学是什么、它是如何运作的，以及是什么让科学与其他探索世界的方式不同的争论。我们将考察的大多数观点属于“科学哲学”这个领域，但我们也会花费不少时间研究历史学家、社会学家、心理学家等人所提出的观点。该书大致上构成了一场穿越几十年的“伟大之旅”；思想将按照其出现的大致顺序进行讨论。请注意前一句中的“大致”一词；书中的历史结构存在一些例外，本书将在这部分例外出现处做说明。为什么最好从旧观点开始，逐步过渡到现在？一个原因是，对科学一般思想的历史发展本身就是一个有趣的话题。另一个原因是，近年来科学哲学处于一种发酵和不确定状态。理解目前众多选择和观点的迷惑是一种好方法，用于追溯导致我们现在所处状态的路径。但这本书不仅仅是介绍这些选择。本书将展示过程中的不同意见，尝试指出哪些发展可能是错误的方向或是误导性的线索，而其他一些主张将被特别指出是在正确的轨道上。然后在书的最后部分，我将开始尝试将这些部分整合成一种科学运作的图景。哲学试图提出并回答一些关于宇宙及我们在其中地位的基本问题。这些问题有时似乎远离实际。但本书所涵盖的辩论并非那种类型。尽管这些辩论与思想、知识、语言和现实的最抽象问题有关，它们仍然是与现实世界密切相关的。

这些问题的影响其实远远超出了哲学领域。它们对许多其他学术领域的发展产生了影响，而一些讨论甚至波及很远，影响了教育、医学以及科学在社会中应有地位的讨论。事实上，在20世纪后半叶，所有与科学本质有关的领域经历了一场如同过山车一般的起伏。一些人认为，科学史、哲学和社会学的研究表明，科学并不值得在西方文化中占据主导地位。他们认为，关于主流科学的可信性和优越性的一系列神话已被彻底削弱。当然，其他人并不同意，随之而来的争论在知识界引发了大量的争论，也被带入政治讨论中。时不时，科学工作本身也受到影响，尤其是在社会科学领域。这些争论被称为“科学战争”，这个词传达了事情变得激烈的感觉。科学战争最终平息下来，但现在，当我写下这些话时，可以公正地说，关于科学知识的本质和地位等最基本问题仍然存在大量分歧。这些分歧通常对科学日常实践没有太大影响。它们对人类知识、文化变迁以及我们在宇宙中的整体位置的广泛讨论具有重要影响。这本书的目的是向您介绍这一系列引人注目的争论，并让您理解当前的情况。

* 1. **理论的范围**

如果我们想要理解科学是如何运作的，似乎我们首先需要做的是弄清楚我们到底在尝试解释什么。科学从何开始，又到何结束？哪种活动算作“科学”？

不幸的是，这不是我们可以提前解决的问题。关于什么算作科学，存在很多分歧，而这些分歧与本书讨论的其他所有问题有关。

对于一些中心案例，人们达成了一致意见。人们通常认为物理学是科学的最纯粹例子。可以肯定的是，物理学在历史上有着辉煌的成就，并在现代科学的发展中发挥了核心作用。然而，分子生物学可能是过去五十年来发展最快、最令人印象深刻的科学。

这些似乎是科学的中心例子，尽管即使在这里，我们也会遇到争议的迹象。一些人暗示，理论物理学变得不如以往“科学”，因为它正在演变成一种与现实世界接触甚少的晦涩的数学模型构建练习（霍根，1996年）。而分子生物学最近与商业和工业的联系越来越紧密，在某些人看来，它不再是一个优秀的科学。尽管如此，像这样的例子为我们提供了一个自然的出发点。物理学家和分子生物学家在测试假设时所做的工作就是科学。而打篮球，无论打得多好，都不是在做科学。但是在这些明确案例之间的领域，争议依然存在。

曾几何时，经济学和心理学作为科学的分类是有争议的。这些领域现在美国及类似国家中已获得科学地位。（经济学保留了一个有趣的修饰词；它常被称为“悲惨的科学”，这一短语源于托马斯·卡莱尔。）然而，在一些细分领域仍然存在一些争议，目前这些细分领域包括人类学和考古学等领域。在我教授的斯坦福大学，这种辩论是导致人类学系分裂为两个独立部门的一个环节。作为对人类广泛研究的人类学，是一个应该与生物学紧密关联的科学学科，还是一个更“解释性”的学科，或是应该与人文学科更紧密相连呢？

这个灰色地带的存在不应该令人惊讶，因为在当代社会，“科学”这个词是一个充满争议和修辞力量的词。人们常常发现将边缘领域的工作描述为“科学”或“非科学”是一种有用的策略。有些人会称一个领域为科学，以暗示它使用严格的方法，从而提供我们应该信任的结果。虽然不常见，但偶尔有个人可能会称某项调查为科学，以对此表示负面看法——暗示它可能是非人性化的。（“科学主义”这个词更常用于需要传达负面印象的场合。）由于“科学”和“科学的”这两个词有这些修辞用途，这很常见，因为人们会不断争论哪种智力工作算作科学。

术语“科学”的历史也是导致争议的一个主要原因。“科学” 和 “科学家” 这两个词的现在用法实际上是在不久前才发展起来的。 “科学” 一词源自拉丁词 “scientia” 。在古代、中世纪和早期现代世界中， “scientia” 指的是揭示一般和必要真理的逻辑证明的结果。 “scientia” 可以在多个领域获得，但其涉及的证明类型大多与数学和几何学相关。大约在十七世纪，当现代科学开始崛起时，我们现在称之为科学的领域通常被称为 “自然哲学” （物理学、天文学以及对事物原因的其他探究）或 “自然历史” （植物学、动物学以及对世界内容的其他描述）。随着时间的推移， “科学” 一词被用来指与观察和实验更紧密相关的工作，而科学与决定性证明之间的联系减弱了。 “科学” 这一术语的当前意义以及相关的 “科学家” 一词都是19世纪的产物。

鉴于“科学”一词所承载的修辞负担，我们不应指望在第一章中列出一个关于科学包括什么、不包括什么的公认清单。目前，我们只能让灰色地带保持灰色。

一个进一步的复杂性来自于哲学（和其他）理论在科学的广泛定义上存在很大差异。有些作家使用“科学”或“科学的”等术语来指代任何以观察证据为指导来评估思想和解决问题的工作。科学被视为存在于所有人类文化中的某种事物，即使这个词是西方的发明。但也有观点将“科学”理解得更为狭隘，认为它是一个在特定时间和空间中局限的文化现象。对于这种观点来说，只有十六和十七世纪欧洲的科学革命才给予了我们完整意义上的科学。在那之前，我们在古希腊发现了科学的最初“根源”或雏形，以及来自阿拉伯世界和中世纪晚期的经院主义传统的一些贡献，但没有太多其他内容。因此，这是一个将科学视为具有明确历史的特殊社会机构。科学是从特定的人和地方演变而来的，尤其是一批来自欧洲的关键人物，他们包括哥白尼、开普勒、伽利略、笛卡尔、博伊尔和牛顿，他们都生活在十六和十七世纪。

以这种方式设定事物，是将科学视为与农耕、建筑等常规技术伴随的研究和知识不同。因此，这种观点并不一定要声称非科学文化中的人们必须无知或愚蠢；关键在于为了理解科学，我们需要将其与世界上其他种类的研究区分开来。我们需要弄清楚，一个由少数欧洲人发展起来的“开发”（原书使用developed一词）知识的方法是如何对人类产生如此惊人后果的。

在本书中，当我们从一个理论转向另一个理论时，我们会发现一些人们对科学的理解是宽泛的，有些人则是侠义的，还有一些人处于二者之间。但这并不妨碍我们提前概述我们最终希望获得什么样的理解。然而，无论我们选择用什么方式来使用“科学”这个词，都不妨碍我们的最终目标都是要发展出两种理解：

1. 我们需要弄清楚人类如何认识周围世界。

一种更普遍的、认识论层面的理解。这不仅仅局限于科学，也包括了其他形式的知识获取方式（比如日常生活经验、艺术、哲学等），思考它们之间是否有共通之处。

1. 我们需要弄清楚源自科学革命的 “那种” 探究世界的方式，与其他的探究方式（比如宗教探究、艺术创作、纯粹的哲学思辨等）有何不同。

这指的是一种更具体、更聚焦的理解。强调的是现代科学的独特性和特点。

在本书中，我们将在这两个问题之间来回切换。

在离开这个话题之前，还有一个可能性应该被提到。我们有多大的把握确信，即使是我们用“狭义”（narrower sense，指前面提到的源自科学革命的那种独特探究方式）来定义的那些“科学”工作，它们之间真的有那么多的共同之处吗？哲学的一个风险是，哲学家有时会倾向于提出过于宽泛和笼统（too broad and sweeping）的理论。在审视和构建 “科学理论”（即关于科学本质的哲学理论）时，我们必须时刻牢记避免“过于宽泛和笼统”。

* 1. **什么样的理论？**

这本书是科学哲学的入门。它并不会面面俱到地涵盖科学哲学的所有内容，而是会将大部分篇幅集中在某个特定的议题上。在科学哲学中，我们可以区分认识论问题和形而上学问题（以及不属于这两个类别的其他问题）。认识论是哲学的一个分支，关注知识、证据和理性的相关问题。形而上学是哲学的一个更具争议性的部分，处理关于现实本质的普遍问题。科学哲学与这两者都有重叠。

本书讨论的大部分问题都属于认识论范畴。（认识论关注的是知识、证据和理性。这表明本书将主要探讨科学是如何获取知识，以及其知识的可靠性问题。）例如，我们将关注观测证据如何能够为科学理论提供辩护或证明（涉及到归纳法、确认理论、证伪主义等。它直接关系到我们如何相信一个科学理论是正确的，或者至少是站得住脚的）。我们还会问我们是否有理由相信科学能够成功地描述世界“真实的面貌”。我们会偶尔涉及形而上学问题和语言哲学中的问题。讨论还将与科学史和其他领域的研究交叉。

哲学领域的一个普遍困境或“烦恼”（plagued with anxiety）是：哲学家们总是围绕着“我们应该如何做哲学研究？”以及“一个哲学理论究竟应该尝试达成什么？”这些根本性问题争论不休。鉴于哲学普遍存在的这种“元争论”，在本书中，我们（作者和读者）也将不得不面对关于“科学哲学理论的正确形式是什么”以及“哲学家应该提出哪些问题”的分歧。

（第一种理论）一种显而易见的可能性是我们可以尝试去理解什么是科学思维（scientific thinking）。（这意味着科学哲学的任务是深入探究科学家是如何思考、推理和解决问题的，关注其认知过程和思维模式。）

（第二种理论）在二十世纪，许多哲学家反对仅仅理解科学思维，而是坚持认为我们应该寻求一个科学的逻辑理论（logical theory of science）。（这代表了逻辑实证主义等学派的立场，他们更关注科学的形式结构和理性基础。）他们的目标是：理解科学理论的抽象结构，以及理论与证据之间的关系。（这类观点旨在为科学实践提供指导，或者总结出科学发现和验证的普遍方法。）

（第三种理论）第三种选择是我们应该试图提出一种方法论，科学哲学应该试图提出一种方法论（methodology），即一套科学家实际遵循或应该遵循的规则或程序。（这类观点旨在为科学实践提供指导，或者总结出科学发现和验证的普遍方法。）

（第四种理论）在最近几年，受到科学史研究影响的哲学家们，他们更倾向于提出一种科学变化的普遍理论（general theory of scientific change）。（这类研究不再仅仅关注科学的静态结构或方法论，而是着眼于科学如何随时间演进、革命、范式转换等动态过程。托马斯·库恩的范式理论就是其中的典型代表。）

这里一个非常重要的区别是理解“描述性理论”和“规范性理论”之间的区别（指科学哲学中）非常重要。

描述性理论旨在描述实际发生的事情，或者某物“是怎样”的。它的核心特点是不作价值判断。它只是客观地呈现事实，就像一个记者报道新闻，只说发生了什么，而不评价好坏对错。

规范性理论则进行价值判断。它谈论的是事物“应该怎样”发生，或者“应该怎样”存在。它的核心在于提供指导、建议或评判标准，告诉我们什么是好的、正确的、合理的方式。

有些关于科学的理论（比如一些科学社会学或科学史的观点）可能声称自己只是描述性的，只关注科学实践的实际情况，不进行评判。在本书中将要讨论的大多数观点都包含规范性元素，无论是明确地（officially）提出规范，还是不明确地（unofficially）隐含着某种价值判断或应该遵循的原则。在分析任何关于科学的普遍主张时，我们应该不断地追问： “这个主张是意图描述性的，还是规范性的，抑或是两者兼而有之？” 提出这个问题有助于我们辨别作者或理论家的真实意图，避免将描述当成规范，或者反之，从而更准确地理解和批判性地评估这些观点。

对于一些人来说，关于科学的核心问题在于它是否具有“客观性”。这表明“客观性”在理解科学的本质和可靠性方面，被视为一个关键的衡量标准。“客观性” 这个词已经变得极其 “滑溜” （slippery），因为它被用来表示许多非常不同的意思。有时，客观性被认为是没有偏见（absence of bias），即排除主观干扰的公正性或公平性（impartiality or fairness）。但是， “客观性” 这个术语通常也用于表达某物的存在是否独立于我们的思想。人们可能会疑问是否存在一个 “客观实在” ，也就是一个不依赖于人们如何概念化或描述它而存在的实在。我们可能会问，科学理论是否能够真正描述一个以这种方式（即独立于我们思想而存在）存在的实在（这正是科学实在论与反实在论争论的核心）？像这样的问题已经远远超出了关于 “没有偏见” 的讨论，它们将我们带入了深层的哲学领域（deep philosophical waters），需要更复杂的形而上学和认识论思考。

由于前文提到的“模糊性”或“多义性”（ambiguities），即“客观性”这个词有多种非常不同的含义，作者在本书中将经常避免使用“客观的”和“客观性”这两个词。尽管会避免使用这些词语，但并不会回避那些通常用“客观性”来提出的问题。相反，这些问题（例如，科学是否没有偏见？科学能否揭示独立于心灵的实在？）会在全书的讨论中，用不同的、更明确的语言来加以阐述和解决。这表明作者的目标是解决问题本身，而不是拘泥于特定词汇。他会用更精确的术语来替代“客观性”的模糊表达。并且将会在最后一章回归“客观性”这个概念。

另一个耳熟能详的短语：“科学方法” 。当大多数人想象要构建一个关于科学的普遍理论时，他们心中很可能想的就是描述这样一种 “科学方法” 。试图描述一套科学家实际遵循（do follow）或应该遵循（should follow）的特殊方法的想法源远流长。17世纪的弗朗西斯·培根（Francis Bacon）和勒内·笛卡尔（René Descartes）他们都曾尝试详细阐述科学家应该如何进行研究。

* 培根强调通过系统观察和归纳来发现知识。
* 笛卡尔则推崇演绎推理和清晰的理性分析。

尽管描述一种特殊的科学方法看起来是一件“自然而然”的事情（即，似乎理所当然地认为存在这样一种方法），但在20世纪，许多哲学家和其他学者开始对提供任何类似 “科学食谱”（a recipe for science）的想法感到怀疑。科学是一个过于创新和不可预测（too creative and unpredictable）的过程，以至于无法用一套固定的“食谱”来描述它。对于牛顿、达尔文和爱因斯坦这样伟大的科学家而言，他们的发现往往是突破性的、非线性的，难以用一套预设的方法论来概括。他们的工作往往涉及到直觉、跳跃式的思维和偶然的发现，而非机械地遵循某个步骤。长期以来，科学教科书通常会在开头部分描述一个标准的“科学方法”。但最近，教科书对此变得更加谨慎，这反映了科学哲学界对单一、普适“科学方法”的质疑已经渗透到了教育领域，使得人们认识到科学实践的复杂性和多样性。

我提到过，20世纪的许多科学哲学旨在描述科学的逻辑结构。要解释这究竟意味着什么？哲学家应该将科学理论视为一种抽象的结构，类似于一组相互关联的句子。这里将科学理论抽象化了，不再关注其发现过程、社会背景或具体应用，而是将其看作一个由命题或陈述构成的逻辑系统。在这种视角下，哲学家的目标是：

* 描述理论内部句子之间的逻辑关系。例如，如果理论包含定律A和定律B，那么定律A和B之间是否存在逻辑推导关系，或者它们是否相互兼容？
* 描述理论与观测证据之间的关系。这涉及到理论如何被证据支持、证实、证伪或修正。例如，理论如何预测可观测现象？观测数据如何反过来影响理论的接受度？

此外，这种方法还可以应用于描述不同科学理论之间的逻辑关系，尤其是在相关领域。例如，物理学理论和化学理论之间是否存在逻辑上的连接？量子力学与经典物理学之间是如何关联的？这有助于构建一个更宏大、更统一的科学知识体系图景。

采用这种（描述科学逻辑结构）方法的哲学家，通常对数理逻辑的工具充满热情。他们珍视其工作的严谨性（rigor）。这意味着他们追求精确、无歧义的表达和推论，力求像数学证明一样具有清晰的结构和逻辑链条。这种哲学研究方式（过于关注逻辑抽象）常常引起那些研究科学的实际历史和社会结构的人的不满和沮丧。这是因为，当哲学家将科学抽象化为逻辑结构时，他们往往会忽略科学作为一项人类活动所固有的历史变迁、社会互动、偶然性、非理性因素以及研究者的具体实践。这些“老派的（crusty old）”哲学家：他们似乎是故意将自己的工作与科学的实际运作脱离。他们这样做的可能原因：

* 为了维护关于科学事业完美理性的神话：他们可能想保持一种理想化的科学形象，认为科学是纯粹、完全理性的，而避免面对现实中科学研究的复杂和“不完美”之处。
* 为了不让任何事物干扰他们用人造语言玩弄假想理论的无尽游戏：这是一种更尖锐的批判，暗示这种研究脱离实际，变成了脱离现实的纯粹智力游戏，用抽象的、有时是人工的语言来构建和分析理论，而忽视了这些理论与真实科学实践的相关性。

这种基于逻辑的科学哲学将在本书的早期章节中进行讨论。这意味着它将是本书介绍的第一个重要学派或方法论。承认：

* 这些逻辑探究常常非常有趣，肯定了其智力价值和内在吸引力。
* 但更倾向于（my sympathy lies with）那些坚持科学哲学应该更多地与实际科学工作接触的观点。

这表明作者虽然会介绍并承认逻辑取向的价值，但他的核心论点和后续章节的倾向，将是主张科学哲学应该更注重与科学史、科学社会学以及实际科学实践相结合，从而获得对科学更全面、更贴近现实的理解。

如果寻找一个“科学食谱”过于简单，而寻找“逻辑结构”又过于抽象，那么我们还可以寻找什么呢？这里有一个答案，随着书的展开将逐渐形成：我们可以尝试描述探究世界的“科学策略”（scientific strategy）。（“策略”这个词，非常关键。它不像“食谱”那样僵化，也不像“逻辑结构”那样抽象。它暗示了一种更灵活、更宏观、更具适应性的认知方式，是科学家在面对复杂世界时所采用的整体方法和思维模式。它可能包含多种方法，并根据具体情境进行调整。） 通过描述这种科学策略，我们还可以能描述：通过遵循这种策略，我们可能与世界建立起何种联系。初次接触这个概念时可能会觉得它模糊（vague）、不可能实现（impossible），或者两者兼有。通过全书的论述，他希望能够向读者展示，描述“科学策略”并探讨其与世界的关系，是有充分意义且可行的（makes good sense）。

之前多次提及的与科学哲学 “相邻”的领域，明确点出了科学史、科学社会学和部分心理学。这些学科也都在不同层面研究科学。科学的哲学理论与这些相邻领域的观点之间有什么关系？

我多次提到过与科学哲学“相邻”的领域，例如科学史、科学社会学和部分心理学。这些哲学科学理论与这些相邻领域的思想之间的关系是什么呢？这个问题是造成之前提到的20世纪科学哲学“过山车般的经历”的原因之一。一些来自这些相邻领域（特别是科学社会学）的人认为，提出科学哲学理论的整个想法是错误的。他们甚至预期科学哲学将被社会学等领域所取代。这种取代并没有发生。那些在相邻领域工作的人，不断发现自己也在做哲学思考，无论他们是否意识到。这意味着，当他们在研究科学的历史或社会结构时，他们必然会遇到一些无法仅凭经验数据就能解决的深层问题。他们总是会遇到关于真理、证成（justification）以及理论与实在之间联系的问题。核心结论是：哲学问题拒绝消失（The philosophical problems refused to go away）。无论从历史、社会还是心理学角度研究科学，最终都会触及到真理、知识、实在等根本性的哲学问题，这些问题无法被经验科学完全吸纳或取代。

即使在哲学家内部，对于哪些来自相邻领域（如科学史、社会学等）的“输入”对哲学是相关的或有用的，也存在着巨大的分歧。这再次强调了哲学领域内部的方法论争议：有些哲学家可能认为，哲学应该保持其纯粹的思辨性，不应过多依赖经验学科；而另一些则认为，哲学必须根植于现实世界和经验数据。本书是基于一种特定观点来撰写的：这种观点认为，科学哲学能够从来自其他领域的丰富“输入”中获益良多。但是证明“科学哲学需要这种输入”的论证，要等到第10章才会提出。

* 1. **三个答案，或一个答案的几个部分**

在本节中，我将介绍三种不同的答案，来解答我们关于科学如何运作的一般问题。这三种观点将以不同的方式贯穿整本书。

这三个观点彼此之间可以被视为竞争对手；也被视为进入问题的替代起点或路径。同时也可以被视为一个更复杂的单一答案的一部分。我们应该如何将它们组合在一起又是另一个问题。

三个思想中的第一个是经验主义。经验主义是一个庞大的哲学思想家族，内部存在着各种不同的观点，经验主义阵营内部的辩论也可能非常激烈。这提醒我们，不要将经验主义视为一个单一、僵化的概念。但是，经验主义通常可以用以下口号来总结：

***经验主义：关于世界的真正知识的唯一来源是经验。***

*这个定义是理解经验主义的关键。它主张所有知识（或至少是关于世界的“真正”知识）都必须通过感官经验、观察和实验获得，而非通过纯粹的理性、直觉或先验的推导。*

这种意义上的经验主义是一种关于所有知识来源的观点，而不仅仅局限于科学知识。它首先是一个广义的认识论立场。那么，经验主义如何影响科学哲学呢？一般来说，经验主义传统倾向于将科学思维与日常思维之间的差异视为细节和程度上的差异，而非本质上的根本区别。这意味着，在经验主义者看来，科学只是日常经验获取和推理的更系统、更精细、更量化的版本。它们遵循相同的基本原则，只是在严谨性、精确度和范围上有所不同。基于上述观点，经验主义传统通常（但并非总是）倾向于宽泛地理解科学。它不那么强调科学与非科学之间的严格界限。同时，经验主义者也倾向于从普遍的思想和知识理论的立场来处理科学哲学中的问题。也就是说，他们会把科学视为人类普遍认知活动的一个特例，用认识论的普遍原则来解释科学。哲学中的经验主义传统大体上是支持科学的（pro-science）。他们将科学视为我们探究和认识世界能力的最佳体现。这是因为科学高度依赖经验证据，这与经验主义的核心信条高度吻合。

所以经验主义原则（“关于世界的真正知识的唯一来源是经验”），拿来具体阐述科学。这是一种将普遍哲学立场应用于特定领域的做法：

***在经验主义看来：科学思维和探究与日常思维和探究有着相同的基本模式。***

****** 这意味着科学并非某种神秘的、完全不同的认知活动，而是在基本原理上与我们日常认知世界的方式相通。无论是科学还是日常思维，它们获取关于世界真正知识的唯一来源都是经验。这再次强调了经验主义的核心信条，即知识的经验来源是普遍的，适用于所有认知活动。科学之所以卓越，是因为它具备以下特点：

* **有组织（organized）**：科学研究不是随机的，而是有计划、有结构地进行。
* **系统化（systematic）**：科学探究遵循一定的步骤、方法和规则，形成一个有逻辑的体系。
* **特别响应经验（especially responsive to experience）**：这是最关键的一点。科学对经验的反应（反馈和修正）比日常思维更为敏锐、严格和彻底。它会主动寻求经验，并根据经验的结果来修正或放弃理论，而不是固执己见。

因此，如果真的存在一个所谓的“科学方法”，那么它在日常生活中也随处可见。这意味着，在经验主义者看来，“科学方法”并非科学家的专属特权，也不是什么高深莫测的神秘技巧，而是人类普遍的、基于经验的认知模式的系统化运用。比如，我们日常生活中观察、假设、验证（虽然不那么严谨）的过程，就是“科学方法”的雏形。根据这种经验主义的观点，在科学革命期间，并没有发现（或创造出）一种全新的、根本性的探究方法。这与许多人普遍认为科学革命诞生了独一无二的“科学方法”的看法大相径庭。经验主义者认为，基本的方法论早已存在于人类的日常认知中。那么，如果不是新的方法，科学革命究竟是什么呢？科学革命的功绩在于，少数勇敢而杰出（brave and brilliant）的人物（如伽利略、牛顿等），将欧洲从“黑暗和教条主义（darkness and dogmatism）”中解放出来。他们使得知识文化能够 “恢复理智”或“清醒过来”（come to its senses）。这里的“恢复理智”是一个形象的说法，暗示在科学革命之前，欧洲的知识界可能被不基于经验的思辨、信仰或传统所束缚，而科学革命则重新引导人们重视经验、逻辑和实证。也就是说，科学革命并非发明了一种全新的工具，而是扫除了旧的障碍，让人们能够更好地、更系统地运用早已存在的人类认知能力。

一些读者可能在想，他们可能会认为这些经验主义原则（比如“经验是知识的唯一来源”）是空洞的陈词滥调（empty platitudes）。当然，经验是关于世界知识的来源——除了经验还能是什么呢？

那些认为基本经验主义原则“完全微不足道”（completely trivial）的读者，请去看看医学史。医学史上有许多例子，那些愿意进行“非常基本的经验测试”的人，在面对来自那些“自以为更懂”（knew better）的人的强烈怀疑、轻蔑和反对时，取得了巨大的突破。经验主义哲学家们长期以来都喜欢利用这些\*\*轶事（anecdotes）来“点燃”读者的热情。这些故事不仅仅是历史事件，更是经验主义原则力量的生动例证和宣传工具。20世纪最重要的经验主义哲学家之一卡尔·亨普尔（Carl Hempel）就喜欢引用伊格纳茨·塞梅尔维斯（Ignaz Semmelweiss）这个悲伤的例子。这增加了论证的权威性和具体性。

在19世纪中期，塞梅尔维斯在维也纳一家医院工作。他通过简单的经验测试（例如，比较医生洗手与不洗手后的产妇感染率），证明了医生在接生前洗手可以大幅降低产妇的感染风险。这是一个今天看来再简单不过、不言自明的公共卫生常识，但在当时，这却是一个 “激进的（radical）”主张。结果是，他因此受到了反对，并最终被赶出了医院。

还有一个更简单的例子，我将详细描述它，以取代塞梅尔维斯那个常见的例子，这个例子是关于发现饮用水在霍乱传播中的作用。

霍乱在18世纪和19世纪的城市中，霍乱是一种导致严重腹泻并致死的可怕疾病。霍乱至今仍在卫生条件差、人口密集的贫困地区存在，并简要说明了其传播途径：通过腹泻物污染饮用水传播。在18和19世纪，人们对霍乱的病因有各种不同的理论。这发生在细菌和其他微生物在传染病中作用被发现之前。一些人认为霍乱是由从地下和沼泽中散发出的“瘴气”（miasmas）——一种污浊的气体——引起的。这个“瘴气理论”在当时非常流行。在伦敦，约翰·斯诺（John Snow）提出了一个不同的假设：霍乱是通过饮用水传播的。他并没有停留在假设层面，而是进行了实证调查。他绘制了1854年伦敦一次霍乱爆发的地图，发现疫情似乎集中在布罗德街（Broad Street）的一个特定公共水泵周围。这是他进行经验观察和数据分析的关键一步。最后，斯诺虽然面临巨大困难，但他成功说服了当地政府去除了水泵的把手（这样人们就无法从这个泵取水了）。结果是：疫情立即得到了控制并消失了。这个行动本身就是一个“经验测试”——去除潜在污染源，观察结果如何的测试。疫情的迅速消退有力地支持了他的水传播假设。

约翰·斯诺的霍乱研究（前文详述的移除水泵把手案例）在医学史上的极端重要性。这不仅是一个有趣的轶事，更是一个里程碑事件。斯诺研究的深远影响。它成为推动现代社会重视清洁饮用水和卫生设施运动的核心。这场运动随后对人类健康和福祉产生了巨大（immense）的影响。今天我们习以为常的公共卫生系统，如自来水消毒、下水道建设等，其理念的源头之一就来自斯诺这样的经验主义实践。这表明，一个简单的经验发现能带来持续的、改变世界的实践。斯诺的案例正是那种能够展现即使是非常简单的经验主义观点也具有强大吸引力的典型例子。

在了解了约翰·斯诺通过经验方法取得的巨大成功后，读者可能会觉得“好了，这本书可以到此为止了。”经验主义胜利了；诉诸经验是确保事情正确的“万无一失的保证”（sure-fire guarantee）。那些觉得没有问题的人可能会考虑接下来讲述的关于勇敢的佩滕科费尔（Pettenkofer）医生的故事。

在约翰·斯诺的霍乱研究几十年后，关于霍乱等疾病是由微生物引起的理论——即“细菌致病理论”**——**由罗伯特·科赫（Robert Koch）和路易斯·巴斯德（Louis Pasteur）发展起来。Koch很早就分离出了引起霍乱的细菌。然而，然而，关键人物佩滕科弗（Pettenkofer）医生对此不以为然，没有被说服。为了证明科赫是错的，他喝下了一杯混有 “所谓霍乱细菌” （alleged cholera germs）的水。佩滕科弗没有出现任何不良反应。基于这个结果，他写信给科赫，宣称他已经 “反驳” 了科赫的理论。他认为自己的亲身经历（经验）足以推翻细菌致病理论。

佩滕科弗（Pettenkofer）为何没有生病提供了两种可能的解释：

* 高胃酸：佩滕科弗可能天生胃酸较高，这能杀死霍乱弧菌，从而保护他免受感染。这是宿主自身生理因素的影响。
* 细菌死亡：他喝下的霍乱细菌样本可能已经失去活性或死亡了。这可能是样本的质量问题，细菌量不足以致病，或储存不当。

这些解释表明，一个简单的经验测试，其结果往往受到许多隐藏的、复杂的变量影响，而这些变量在当时可能不为人知或被忽视。佩滕科弗显然是幸运的（Pettenkofer was lucky）。他的未感染并非证明了科赫的错误，而是纯属巧合或由未被控制的因素导致。现代医学的更多证据证明了科赫关于霍乱病因的理论是正确的；并发展出了细菌致病理论，这说明了佩滕科弗的实验结果是误导性的。这个案例提醒我们，直接的经验测试（direct empirical tests）并非成功的保证（no guarantee of success）。

部分读者认为经验主义是正确的，但因其过于显而易见（too obvious）而缺乏趣味性（uninteresting）。另外一些读者责任为经验主义是错误的，它持有一种“荒谬地简单化”的关于思想、信念和证成（justification）的图景。这里直接指出了批判的核心：经验主义对人类复杂认知过程的理解过于粗糙和简化。这里直接指出了批判的核心：经验主义对人类复杂认知过程的理解过于粗糙和简化。“经验是知识的唯一来源” 这一口号似乎暗示着：经验像水一样 “倾泻” （pour）进大脑，然后 “不知怎么地” （somehow）就变成了知识。事实证明，很难以一种更符合心理学实际的方式来完善基本的经验主义思想。这意味着，当试图将经验主义原则与我们对人类心理、学习和认知科学的理解相结合时，会遇到很大的困难，因为经验主义的简化模型无法容纳认知的复杂性。经验主义者并不否认，为了理解我们所观察到的事物，需要推理，包括非常精细的（elaborate）推理。尽管如此，经验主义者仍然坚持经验在理解我们如何认识世界中 “某种程度上是根本性的” 。许多经验主义的批评者认为，这种对经验 “根本性作用” 的坚持是一个错误。他们将其视为一种 “残余” （hangover）——来自一种简单化和过时的关于信念和推理如何运作的图景。这些批评者可能认为，人类的认知能力（如先天的结构、概念框架、推理能力等）在知识形成中扮演着比经验主义所承认的更基础、更主动的角色。关于经验主义是否过度简化了认知过程的这场辩论，将是本书中一个 “反复出现的主题” （recurring theme）。

本书旨在介绍关于科学运作方式的三种主要观点。此前已经详细讨论了经验主义（第一种）。现在，作者将开始探讨关于科学是怎么运作的第二种观点。作者将通过伽利略（Galileo 看起来自他之后任何在他以前和之后叫这个名字的都会自动的被无视和被视为不存在，这个名字就专属他了，这不是牛，这是牛plus max），这位科学革命的超级英雄的一段话来开启第二种观点的讨论。

*Philosophy is written in this grand book the universe, which stands continually open to our gaze. But the book cannot be understood unless one first learns to com prehend the language and to read the alphabet in which it is composed. It is writ ten in the language of mathematics, and its characters are triangles, circles, and other geometric figures without which it is humanly impossible to understand a single word of it; without these, one wanders about in a dark labyrinth. (Galileo [1623] 1990, 237–38, emphasis added)*

*（别问为啥这里贴了原文，因为在他的话面前，膝盖必须奉上。）*

*伽利略首先将 “哲学”（Philosophy）（在当时的语境中，这通常等同于我们现在所说的“自然科学”或“自然哲学”）比喻为一本“宏伟的书籍”——宇宙本身。他说这本书“持续地向我们敞开”，意味着宇宙的真理和运作规律是可知的、可被观察和探究的，而不是隐藏起来的。这体现了他对人类认知能力和经验观察的信心。尽管宇宙这本书是敞开的，但伽利略随即提出了一个关键的限制：除非一个人首先学会理解构成这本书的“语言”和“字母”，否则这本书是无法被理解的。这引入了一个核心隐喻：宇宙（自然）有其自身的语言和书写系统，而人类若想理解它，就必须掌握这种语言。这否定了仅仅通过感官观察或直觉就能完全理解宇宙的观点。他明确指出，宇宙这本书是用数学的语言写成的。构成这种语言的“字母”或“字符”是三角形、圆形以及其他几何图形。这些是构成世界物理结构的基本元素。他进一步强调，如果没有这种数学语言和几何图形，人类就不可能理解宇宙的“哪怕一个字”。这是一种强烈的、排他性的声明，认为数学是理解自然的唯一且不可或缺的工具。失去了这种工具，人类就只能在“黑暗的迷宫”（a dark labyrinth）中徘徊，无法找到出路，也无法获得真正的理解。这生动地描绘了没有数学工具的探索将是多么无助和盲目。*

更直白（plainer language）的说，我们将探讨的三种核心观点中的第二种就是：

* **科学与其他探究方式的区别所在**：在于它尝试使用数学工具来理解自然世界。这使得科学不仅仅是观察和描述，更是量化、建模和精确预测。
* **科学特别成功的原因**：也正是因为它运用了数学工具。数学为科学提供了强大的分析、预测和验证能力，使其能够发现自然界中隐藏的精确规律。

我们刚刚讨论的“数学与科学”这一观点（即科学因数学，工具而独特和成功），它与之前的“经验主义方法”究竟是互相排斥（alternative），还是可以兼容结合（combined with）的？结果可能有些出人意料（Perhaps surprisingly）：对数学方法的强调，常常被用来反对经验主义。一些人认为，数学本身就揭示了除了经验之外，还存在着其他获取知识的途径。

* 例如，数学真理（如 2+2=4 或几何定理）似乎不完全依赖于感官经验，而是通过纯粹的推理或直觉就能认识。
* 如果数学知识可以不完全依赖经验，那么“经验是唯一知识来源”的经验主义原则就被削弱了。经验可能是一种知识来源，但不是唯一重要的来源。
* 这种观点通常与理性主义（Rationalism）相关联，它强调理性和先天观念在知识形成中的作用。

还有一些人则认为，经验主义是微不足道的（trivial）。他们承认“知识当然是基于经验的”，但认为这并没有告诉我们科学与其他人类思维（如艺术、神学、日常推测等）有什么不同。换句话说，如果所有知识都基于经验，那么经验主义无法解释科学何以如此特殊和成功。它无法区分科学与非科学的本质差异。真正使科学特殊的原因：科学的特殊之处在于它尝试量化现象（quantify phenomena），并在事件的流动中发现数学模式（detect mathematical patterns）。这就是“数学与科学”观点的核心，它被用来作为区分科学与非科学的关键特征，而非经验主义所强调的普遍经验基础。尽管存在那些争论，但将对数学的强调与经验主义思想结合起来，无疑是明智（sensible）的做法。伽利略本人似乎会不同意这种调和。因为伽利略不仅推崇数学，还赞扬哥白尼在相信地球绕太阳转时，是让“理性战胜感官[经验]”（reason conquer sense [experience]）。这是对“伽利略对经验主义的轻蔑”观点“虚假的对立”（false opposition）。（这里说明一下：第二种观点认为经验主义不足以揭露和发现事务的本质关系和理论，他们崇尚通过数学工具来推演/发现世界的“真实理论”。而代表人物是一个科学巨人伽利略。但是认为伽利略不注重经验主义的观点是错误的。下面是作者提出的证据。）哥白尼提出“日心说”并非无视经验。相反，他是在处理不同方面经验之间明显的冲突。例如，直接感官经验告诉我们太阳每天在动（地心说）；但长期天文观测（另一种经验）却揭示了行星运动的复杂性和逆行现象，这在地心说框架下需要复杂的本轮-均轮系统来解释，显得非常不自然。哥白尼是在其背景信念（background beliefs）（可能是对数学简洁性的追求，或对宇宙和谐的审美偏好）的指导下，选择了一种能更好地解释所有经验数据、且数学上更简洁的理论。所以，他不是抛弃经验，而是对经验进行了更深层次的协调和解释。

伽利略本人无疑是一个“非常注重经验的人”（very empirically minded person）。他的工作核心是强调使用望远镜进行的观测。例如，他对月球表面的观察、木星卫星的发现、金星的相位变化等，都是直接的经验观察。这证明了即使是推崇数学的伽利略，也高度重视经验。通过避免这种 “虚假的对立”，我们可以提出一种观点——数学作为经验主义视角下的工具使用，才是使科学特殊的原因。综合性立场是：科学的成功不是纯粹的经验主义，也不是纯粹的数学抽象，而是将数学作为一种强大的工具，应用于基于经验的探究（在经验主义的指导下）。“数学的作用” 在本书中的定位：它将是一个重要的主题（significant theme），但并非核心主题（not a central one）。这是因为：

* 历史辩论的影响：本书所回顾的科学哲学史上的各种辩论，使得数学的重要性并不是一个完全无争议的中心焦点。
* 伽利略观点的局限性：数学工具并非像伽利略所设想的那样对所有科学都“必不可少”（not quite as essential）。这直接挑战了伽利略“没有数学就在黑暗迷宫中”的普适性断言。

数学在物理学的发展中无疑具有巨大重要性。这是毋庸置疑的事实。达尔文在《物种起源》中的成就，被认为是“所有科学中最大的成就之一”，而，此著作并没有真正使用数学。这直接驳斥了伽利略关于“没有数学就无法理解自然”的普遍性主张。达尔文通过大量的观察、分类、比较和逻辑推理，建立了一个革命性的理论，而其中并没有复杂的数学公式。达尔文这位非数学的探究者，并没有像伽利略所预言的那样，被困在“黑暗的迷宫”中。相反，他取得了巨大的成功。事实上，19世纪生物学领域的大多数（并非全部）巨大飞跃，都发生于数学作用不大的情况下。现代生物学中包含了许多数学成分，甚至包括达尔文进化论的现代数学化表述（如群体遗传学）。但这是一种 “更近期的发展”。这意味着在数学在生物学中变得如此重要之前，生物学就已经取得了显著的进步。

所以，并非所有的科学（甚至并非所有最伟大的科学）都大量使用数学来理解世界。接下来我们将探讨第三种观点，这是一种较新的观点（20世纪后产生的）。也许科学的独特特征只有当我们审视“科学共同体（scientific communities）”时才能被发现。

*使科学与其他探究方式不同，并使其特别成功的原因，在于其独特的社会结构。*

这将科学的成功归因于其组织方式、规范、奖励机制、同行评审、知识共享、批判性对话等社会维度。例如，科学界通过同行评审确保质量，通过开放性促进知识传播，通过竞争和合作推动发现。在科学哲学领域，最近一些最重要的研究工作都在致力于探索“社会结构与科学”这个思想。它需要科学史家（historians of science）和科学社会学家（sociologists of science）的“输入”（input）。

当“社会结构”这一概念被历史学家和社会学家运用时，它常常以一种强烈批判经验主义传统的方式发展。科学史家史蒂文·沙平（Steven Shapin）认为，主流的经验主义常常在一个“幻想”（fantasy）中运作，即：每个个体都可以亲自（为自己）通过观察来检验假说。经验主义似乎在敦促人们不信任权威，并直接走向世界进行观察。这在某种程度上是其进步性的一面，鼓励实证和独立思考。然而，这只是一个幻想。无论是日常知识还是科学，这种“个人独自验证一切” 的想法都不切实际。日常知识：我们每天依赖大量的二手信息（新闻、他人的建议、教育），不可能所有事情都亲身验证。科学：在科学领域，这种幻想就更甚了。科学之所以无法做到“个人验证一切”，是因为：科学家几乎每一步行动都依赖于复杂的合作和信任网络。如果每个个体都坚持亲身验证一切，科学将永远无法超越最基本的想法。它会停滞不前。斯诺的案例是非常不寻常的（very unusual）。斯诺看起来像一个“独行侠”（lone ranger），独自走向布罗德街水泵（背后还有“一群经验主义者在欢呼”）。即使是斯诺这个看似“独行侠”的案例，作者也指出：他肯定也依赖了他人证词（testimony of others）来评估霍乱疫情在干预前后（移除水泵把手）的情况。

信任（trust）和合作（cooperation）对科学来说是必不可少的。但是谁值得被信任？谁是可靠的数据来源？沙平（Steven Shapin）认为，当我们仔细审视科学革命时，会发现其中很大一部分工作都与摸索新的方式来“监管（policing）、控制（controlling）和协调（coordinating）”研究活动中群体行为有关。这揭示了科学革命不仅仅是新方法或新理论的诞生，更是一场关于如何组织和规范科学共同体的社会实验。例如，科学社团的建立、实验报告的规范化、同行评审的萌芽等，都是为了解决“谁可信”的问题。 “经验无处不在” （Experience is everywhere）：这似乎是对经验主义 “经验是知识唯一来源” 的回应。经验本身很多，但问题不在于有没有经验，而在于如何筛选和利用。 “困难之处在于弄清哪些经验与假说检验相关” （The hard thing is working out which kinds of experience are relevant to the testing of hypotheses）：并非所有经验都有用。科学需要一套标准来甄别哪些经验是可信的、可重复的、有意义的，能够用来检验特定的科学假说。 “以及弄清谁可以作为可靠且相关报告的来源” （and working out who can be trusted as a source of reliable and relevant reports）：这再次强调了信任和可靠性的社会维度。科学家们不仅需要经验，还需要可信赖的、能够提供相关报告的个体或群体。例如，谁的实验结果是可信的？谁的观察报告是准确的？这涉及到声誉、专业知识、方法规范等一系列社会考量。

沙平（Shapin）的观点：一个好的科学社会组织理论，将比那些经验主义的幻想（即个人独立验证一切的理想）更能有效地解释科学。然而，一些哲学家（如 Hull 和 Kitcher）已经开始发展出一种新的科学运作理论：这些理论既强调社会组织，又旨在与某种形式的经验主义相契合。这些整合性理论强调科学共同体中发现的合作与竞争的特殊平衡。科学既需要合作来积累知识、分享数据，也需要竞争来激励创新、筛选最佳理论。这种动态平衡被视为科学成功的重要因素。人们有时以为追求个人荣誉、地位和认可的竞争是科学的现代产物。以伦敦皇家学会（Royal Society of London）为例（成立于1660年），一个关键作用就是有效管理荣誉的分配（allocation of credit）——确保正确的人得到奖励，同时又不阻碍思想的自由传播。这揭示了早期科学机构的双重功能：既要激励个人，又要维护科学知识的公共性和开放性，这本身就是一种精妙的社会机制。这些科学社团的另一个重要功能是建立一个相互信任的共同体。在这个共同体中，成员们可以互相信赖，认为彼此是可靠的合作者和数据来源。经验主义者可以用来整合社会结构观点的论证：他们可以主张，正是这种独特的社会组织，使得科学共同体对经验表现出异乎寻常的响应性（uniquely responsive to experience）。换句话说，社会机制（如同行评审、信任网络、荣誉分配等）优化了经验的收集、筛选、检验和传播，从而使得科学能够以一种前所未有的效率和深度从经验中学习和进步。这是一种将社会结构视为促进和强化经验主义原则的视角。

本节粗略的介绍了关于科学如何运作以及科学为什么如此独特的三种观点：

1. **经验主义**（Empiricism）：知识来源于经验。
2. **数学与科学**（Mathematics and Science）：数学工具使科学独特。
3. **社会结构与科学**（Social Structure and Science）：独特的社会结构使科学成功。

这三种观点每一种都曾被视为理解科学的唯一起点，并排斥其他两种。但是，更有可能的是，这三者应该被视为更完整答案的“碎片”或组成部分。第一种（经验主义）和第三种（社会结构）观点非常重要。这两者将是本书中反复探讨的核心主题。未来科学哲学的核心挑战：在于整合（integrating）经验主义传统的洞见与社会组织在理解科学中的作用。这种整合确实需要对传统的经验主义思想进行“重大改变”（significant changes）。

注：个人总结本节的内容，16~17世纪科学开始大爆发。爆发的原因可能是因为欧洲被疾病蹂躏后出现了大量的“吃饱了没事干整日胡思乱想的人”，亦可能是因为在对抗肆虐整个欧洲大陆的传染病的过程中，较之脑汁的人们开启了思考的大门，各种治疗疾病，挽救生命的尝试在验证/淘汰的过程中逐步的展露出“如何认知世界，如何改变当前现状”的思想以及方法的价值。最终产生了被称为“科学革命”的历史事件。在这个时期数学，力学，现代医学的雏形都开始崭露头角。

（对于这个时期的科学革命，有些人认为是“病毒/细菌”遵照地球的“大意识”对人体进行了改造的结果。一切荣光属于地球母亲！！！！调侃。。。。。。）

在最早期的“朴素简单”的“科学认知行为”中，经验以及细致的观察是科学突破的关键。由此哲学家们将“经验主义”视作科学发现和科学工作的指导思想。但是，“经验主义”无可避免的在“科学理论的普遍性”和“复杂环境中错误经验的干扰”中获得一致认可。于是人们在经验之外寻求一种能够有效证明科学理论为真的方法。因为在天文学，力学中的“可预知和校验”的特性，数学工具在科学方法中的作用被抬到一个极高的地位。

但著名的《进化论》表明并不是所有的科学发现都依赖于数学工具。虽然近现代的生物学研究中数学工具起着至关重要的作用。但是《进化论》的成功，也说明了将数学工具作为评判工作是否是科学工作，是否是在使用科学的方法是具有局限性的。

到了20世纪，科学的快速发展，科学理论的研究开始向更加复杂和更加深入，以及更加广泛的方向发展。（简单的理论都被发现和证明了。有些人，特别是某些穿越小说的作者认为自己没有取得科学成就的根本原因是自己出生的晚了。读完本书就会发现，没有思辨的头脑和不停问“为什么”的大脑。这种人就是女娲娘娘造的第一个人类，也还是“啥也不是”的“那个”。）

此时科学理论通过“个人经验”和“数学工具（无数各解）”已经很难验证其有效性和普遍正确。特别是科学史上的灾难现象“双缝干涉”实验出现之后，对于微观粒子世界的猜想，理论一而再，再而三的打击着科学工作者。（双缝干涉的观测结果给科学带来的灾难影响是，人们对实验结果的“正确性”产生了怀疑。这导致在科学和哲学领域对理论“是否具有客观性，普遍性，甚至是否正确的判断”出现了迷茫，甚至是恐惧。生活大爆炸中“科学没没有希望和未来”的台词并不仅仅是一句台词或者编剧的臆想。）

我不确定是不是为了解决这种根本上的“不确定性”，的妥协或者科学家们的极限求生。一种新的评判科学家的工作是否是科学的，理论是否是科学的观点出现了。科学社会结构论，一种由集体对理论构成，发现研究过程进行评判的思想就产生并开始被人们接受。

有一个特别有趣的事情，关于早期量子力学的发现是否属于科学理论的争论。最终的结果是，相比仅仅通过数学计算得出的理论（可能解），科学家集体更容易接受在实验中被观测到，并通过统计学方法验证（不同实验室，相同步骤能够重现结果）的发现。（在《生活大爆炸》最后谢耳朵的焦虑是有充分理由的。）现实的例子就是“石墨烯”的发现。没错那个拿诺贝尔奖金买了一台强大的压力机，挤压各种物品的致死是少年的教授。

* 1. **历史插曲：科学革命的概述**

在深入探讨哲学理论之前，我们将短暂休息一下。我已经提到过几次科学革命。这个时期的人物、事件和理论在讨论科学本质时具有特别的重要性。因此，在这一部分，我将对主要的历史里程碑做一个简要的概述，其中许多会在后面的章节中出现。在开始之前，我应当指出，对于如何理解这一历史时期存在相当大的争议；例如，一些历史学家认为将这一时期称为“科学革命”是个错误，因为这个短语让人觉得这一独特时期与历史的其他部分之间有明确的界限（Shapin 1996）。我将以传统的方式使用这个短语。

科学革命大约发生在1550年至1700年之间。初始的事件发生在14世纪欧洲一系列戏剧性变化的末尾，而科学革命本身又推动了进一步的变革。在宗教方面，天主教会受到了新教的挑战。十五和十六世纪的文艺复兴部分推动了知识文化的开放。人口在增长（从黑死病中恢复过来），商业和贸易活动也显著增多。传统的等级制度，传统的等级制度，包括知识等级制度，开始显露出压力。正如最近的作家所强调的，这是一个许多新颖而不正统的思想流传的时期。

从中世纪继承而来的世界观是基督教与古希腊哲学家亚里士多德思想的结合。这种结合通常被称为学者世界观，以发展和捍卫它的大学或“学校”为名。地球被视为处于宇宙中心的一个球体，月亮、太阳、行星和星星围绕着它旋转。托勒密在公元150年左右制定了这些天体运动的详细模型（太阳被放置在金星和火星之间）。

亚里士多德的物理理论区分了“自然”运动与“暴力”或非自然运动。自然运动的理论是更一般的变化理论的一部分，其中生物发展（例如，从橡子到橡树）是一个显著案例，许多事件都用‘目的’（purpose）的概念来解释”：这是亚里士多德物理学的目的论（teleology）特征。他认为自然界的一切事物都有其“目的因”（final cause）。

地球上的一切都被认为由四种基本元素（地、空气、火和水）混合而成，每种元素都有自然的倾向。例如，含有大量土壤的物体自然会向宇宙的中心坠落，而火则使物体上升。不自然的运动，例如投射物的运动，则有着完全不同的解释。天空中的物体由第五种元素构成，这种元素是“不可腐蚀的”或不变的。由这种第五种元素构成的物体的自然运动是圆形的。

亚里士多德的目的论物理学体系的某些版本（即一些亚里士多德主义者或受其影响的思想家）包含了对太阳、行星和恒星运动的“机制”解释。例如，每个围绕地球运行的天体（太阳、行星和恒星）可能被固定在透明的“水晶球”（crystalline sphere）上。这些水晶球层层嵌套，并围绕地球旋转，从而带动天体运动。托勒密自己的模型“更难用这些术语（即水晶球机制）来解释”。这是因为托勒密模型解释行星复杂的“逆行”等现象，引入了本轮（epicycles）和均轮（deferents），以及偏心圆（eccentrics）和等速点（equants）等复杂的几何构造。这些纯粹的数学工具，使得他的模型在物理上很难与连续的水晶球联系起来。因此，托勒密有时被认为最感兴趣的是提供一个“用于天文预测的工具”，而非一个真实的物理机制。换句话说，他的模型可能更多地被视为一种数学上的计算方法，能够准确预测天体位置，而不是描述宇宙的实际物理结构。

哥白尼在1543年出版了一部 著作，提出了一个不同的宇宙图景（alternative picture of the universe）。虽然古代曾有人猜测地球可能围绕太阳旋转（而非反之），但哥白尼是第一个提出这种详细理论的人。哥白尼理论的核心内容是：地球具有两种运动——每天自转一周（解释昼夜），以及每年绕太阳公转一周（解释季节变化和太阳在黄道上的周年运动）。哥白尼理论中太阳、月亮、地球和已知行星的基本位置排列与现代天文学一致。这意味着他正确地将太阳置于中心，并排列了行星的顺序。但由于他坚持（insistence）遵循亚里士多德和托勒密，认为天体运动必须是完美的圆形的观点。不得不将大多数轨道视为复杂的圆形复合体（complex compounds of circles），使得理论变的非常复杂。托勒密系统和哥白尼系统都认为大多数轨道是复杂的圆的组合，而不是单一的圆。实际上，托勒密和哥白尼的系统在复杂程度上大致相等。关于哥白尼理论作为预测工具是否比托勒密理论更精确，学界看法不一。尽管预测精度可能没有压倒性优势，但哥白尼理论在解释某些著名现象方面却远优于托勒密理论。其中一个最著名的例子就是行星的 “逆行运动”（retrograde motion）。这是一种看似不规则的运动，行星在恒星背景下似乎会“停止”并“倒退”，然后再恢复前进。在托勒密体系中，逆行需要复杂的本轮来解释，显得如用是人为设计的。但在日心说中，逆行只是地球和行星在各自轨道上相对运动的自然结果，当地球在内侧轨道上“超车”外侧行星时，从地球上看就会出现行星“倒退”的现象，这在概念上更为简洁和优雅。

哥白尼的日心说在1543年出版后，虽然引起了学界的兴趣，但它并非立刻就被普遍接受为对宇宙的字面真实描述。当时存在一些令人信服的论点，让人们难以将其视为真理：

1. **天文学上的难题：** 尽管哥白尼的理论在解释行星逆行等现象上更为简洁优雅，但受限于他坚持天体必须以完美圆形轨道运行的观念（这与亚里士多德和托勒密相似），他的系统在实际预测精度上并没有比托勒密的复杂地心说有压倒性优势。此外，当时也缺乏直接的观测证据（例如，恒星视差尚未被观测到，而这在日心说中是预期会出现的现象）。
2. **日常运动的“明显事实”：** 更具挑战性的是来自日常经验和当时物理学（亚里士多德物理学）的直观反驳。最经典的例子就是“落体问题”：如果地球在高速自转和公转，那么为什么一个从高塔上掉落的物体，在下落过程中地球移动了相当长的距离，它却仍能准确落在塔脚下，而不是偏离？同样，如果地球在高速移动，为什么我们感觉不到强风？这些问题在伽利略和牛顿提出惯性定律之前，是日心说难以解释的“反常识”现象。

面对这些质疑，负责出版哥白尼《天体运行论》的牧师安德烈亚斯·奥西安德（Andreas Osiander），未经哥白尼授权，在书中添加了一篇额外的前言。这篇前言敦促读者，将哥白尼的理论仅仅视为一个 “计算工具”来对待。奥西安德的这一举动，意外地成为了历史上关于科学理论角色的一个重要声明，这种观点后来被称为工具主义（Instrumentalism）。

工具主义的核心观点是：

* 我们应该将科学理论仅仅视为一种预测工具（predictive tool）。
* 理论的价值在于其能否有效地组织现象、预测未来事件，而不应该将其视为对自然界“隐秘结构”的真实描述。

换句话说，在工具主义者看来，一个科学理论好不好，只看它是不是“好用”，即能否做出准确的预测。至于理论内部的假设、模型是否真实地反映了世界的“本来面目”，则不是关注的重点，甚至认为我们无法得知或无需关心。奥西安德通过引入工具主义，为哥白尼的日心说提供了一层“保护伞”，使其可以作为数学上的计算模型被接受，同时避免了与当时主导的物理学常识和宗教教义产生直接冲突。

局面因伽利略·伽利雷（Galileo Galilei 1564–1642）的出现而发生了 “戏剧性改变”。他活跃于17世纪早期，正值科学革命的关键时期。他极力（vigorously）主张哥白尼体系的“字面真实性”（literal truth），而非仅仅是其作为“有用性”（mere usefulness）的工具（即反对之前奥西安德所倡导的工具主义）。伽利略支持日心说的主要武器之一是望远镜。他虽然不是望远镜的发明者，但他改进了望远镜，并将其首次用于系统性的天文观测。通过望远镜，他发现了大量与亚里士多德和经院哲学世界观相矛盾的现象，例如：

* **月球表面有环形山和峡谷**：这与亚里士多德认为月球是完美无瑕的球体的观念相悖。
* **木星的卫星**：伽利略发现了围绕木星旋转的四个卫星，这直接反驳了所有天体都围绕地球旋转的观点。
* **金星的相位变化**：金星像月亮一样有盈亏变化，这只有在金星围绕太阳运转的日心说框架下才能得到合理解释。
* **太阳黑子**：表明太阳并非永恒不变的完美球体。

这些经验观察为日心说提供了强有力的直接证据。除了天文观测，伽利略的另一项关键贡献是，他结合了数学和实验，开始构建一门新的运动科学。这门新的运动科学能够解释“地球运动”的合理性，并解释那些“关于落体和抛射物的常见事实”（即，之前针对哥白尼的“落体问题”）。伽利略通过斜面实验等，发现了惯性定律的早期形式和落体的加速规律，这为理解物体为何在地球运动时仍能垂直下落奠定了基础。他表明，一旦物体获得一个水平速度，除非有外力改变，它会保持这个速度，从而与地球一同运动。伽利略的工作最终激怒了教皇。因为日心说不仅是科学理论，更是在挑战当时教会奉为真理的宇宙观和圣经的字面解释，涉及神学和权威问题。他被宗教裁判所（Inquisition）强迫撤回（recant）其哥白尼信仰，并在生命的最后几年被软禁。相比伽利略，布鲁诺因拒绝放弃他关于地球在宇宙中位置的“非正统猜测”（他的宇宙观甚至比哥白尼更激进，认为宇宙是无限的，有无数个太阳系）而被指控异端，最终于1600年在罗马被烧死在火刑柱上。

即便像伽利略这样伟大的科学家，他仍然 “固守”（remained wedded to）圆形运动作为天文学上的基本原则。于伽利略不同的是约翰内斯·开普勒，正是他迈出了摆脱圆形运动的关键一步。他是一位（作者观点）“一个神秘主义思想家”（a mystical thinker）。这表明开普勒并非完全是一个纯粹的理性主义者或经验主义者，他身上带有浓厚的神秘主义色彩。这种神秘主义体现在他将哥白尼体系与对在天体结构中寻找数学和谐（甚至包括“音乐曲调”）的“痴迷”结合起来。开普勒深受毕达哥拉斯学派“宇宙和谐”思想的影响，相信宇宙的奥秘可以用简单的数学关系来表达。开普勒的宇宙模型也大约在17世纪初发展起来。其核心突破是：他认为地球和其他行星围绕太阳运动的轨道是椭圆形（ellipses），而非圆形。这是对传统天文学观念的一个颠覆性突破，彻底打破了圆形轨道的束缚。这一简单的改变带来了巨大的影响：

* **“极大的简化” （massive simplification）**：在哥白尼和托勒密模型中，为了解释行星运动的细节，需要大量复杂的本轮、均轮来叠加圆形轨道。而一旦接受了椭圆轨道，这些复杂的几何结构就不再需要，模型变得异常简洁。
* **“更好的预测精度” （better predictive accuracy）**：椭圆轨道模型与实际观测数据更加吻合，从而大大提高了行星位置的预测精度。开普勒基于第谷·布拉赫（Tycho Brahe）精确的观测数据，通过艰苦的计算才最终得出椭圆轨道理论。

迄今为止，只提到了天文学和相关物理学领域的变革，时间也只推进到了17世纪早期。这一时期（指哥白尼和伽利略的时代）的一个重要发现是地球被移出了宇宙中心。这不仅仅是科学理论的改变，更是一个“充满象征意义的事件”（an event laden with symbolism）。它挑战了人类中心主义，对哲学、神学和社会观念产生了深远影响。同一时期（16世纪中叶至17世纪初）解剖学（anatomy）也发生着重要的变革。安德烈亚斯·维萨里（Andreas Vesalius）与哥白尼一样，也在1543年出版了重要著作《人体的构造》。维萨里的贡献在于他开始将解剖学从对古代权威（尤其是盖伦的结论）的依赖中解放出来，并使其走上了一条更经验主义的道路。

* 盖伦（Galen）是古罗马的著名医生，其解剖学理论在西方医学界主导了上千年。但盖伦的解剖多基于动物（如猴子和猪），而非人体的直接观察。
* 维萨里则强调亲身解剖人体，通过直接观察和实验来获取知识，纠正了盖伦的许多错误。这正是经验主义在医学领域的体现。

受到维萨里解剖学派的影响，威廉·哈维（William Harvey）取得了这一时期最著名的突破。他在1628年建立了血液循环理论，并阐明了心脏作为泵的作用。这不仅是解剖学的进步，更是生理学上的革命性突破。在此之前，人们对血液在体内如何流动有错误的理解（如认为血液在静脉和动脉中分别流动，且在肝脏中生成）。哈维通过细致的观察、测量和实验，证明了血液是一个封闭循环系统，心脏是推动血液流动的动力。

17世纪中叶（mid-seventeenth century）见证了关于物质（matter）的一种 “普遍且宏大” （general and ambitious）的新理论的兴起——机械论。（“普遍” 意味着它试图解释宇宙万物； “宏大” 意味着它旨在建立一个全面的世界观。）机械论的世界观结合了两个核心要素：

* **事物的构成（composition of things）**：世界是由什么组成的？
* **因果关系和解释（causation and explanation）**：事物是如何运作的，我们又该如何解释它们？

机械论对世界构成的核心主张是：世界由微小的 “微粒”（corpuscles）组成。这个词是当时用来指构成物质的极小颗粒，类似于后来的原子或分子概念。（这些先贤的脑子是怎么长的？在显微镜还只能勉强观测到细菌的时代，提出这样的假说也太超前了！）更重要的是，这些微粒只通过“局部物理接触”（local physical contact）进行相互作用。这意味着没有超距作用，没有神秘力量，只有粒子间的直接碰撞和推拉。机械论对解释方法的核心主张是：最终，所有对物理现象的良好解释都只能（only）通过机械相互作用（mechanical interactions）来给出。这是一种还原论的观点，认为所有复杂的现象都可以被还原为最基本的微粒之间的机械运动和碰撞。它排除了目的论、活力论等非机械解释。宇宙应该被理解为像一个“机械时钟”一样运作。“机械时钟” 的比喻意味着：

* **规律性**：宇宙的运作是精确、可预测的。
* **可分解性**：宇宙可以被分解成各个部件（微粒），每个部件都有其功能和运动方式。
* **因果链条**：一个部件的运动会通过物理接触带动另一个部件的运动，形成清晰的因果链条，没有神秘或超自然的力量。
* **无需外部干预**：一旦上好发条，时钟就能自行运转。这暗示宇宙也是一个自给自足的系统。

笛卡尔认为，除了组成世界的“物理微粒”（physical corpuscles）之外，还必须设定（must be posited）一个“非物质的灵魂”（immaterial soul）和一个“传统的上帝”（traditional God）。这是笛卡尔著名的二元论：他将宇宙分为物理世界（广延实体）和精神世界（思维实体）。物质世界遵循机械定律，而人类的思维和意志则属于非物质的灵魂。上帝则是这个机械世界的创造者和维护者。这是一种试图将新兴的机械论与传统宗教信仰相协调的方式。科学革命中的许多人物，虽然他们的宗教观点至少在某种程度上是“非正统的”（somewhat unorthodox）（例如，他们对宇宙的看法可能与圣经的字面解释有出入），但他们绝大多数“都没有直接与主流宗教的进行对抗的想法（摊牌）”（definitely not looking for a showdown with mainstream religion）。大多数“机械论哲学家”（mechanical philosophers）在他们整体的世界观中，仍然为基督徒的上帝保留了一个角色。比如在论述中遗留“如果世界是一个时钟，那么谁给它上了发条呢？”这样的表述。 机械论解释了世界的运作方式，但没有解释它的起源和最初的动力来源。这为上帝扮演“第一推动者”的角色留下了空间，实现了神学与科学的初步共存。当然也不乏学者有着“将灵魂、上帝或两者都从画面中排除出去”（dropping souls, God, or both from the picture）的想法。这暗示了在机械论的推动下，一种无神论或唯物主义的萌芽也开始出现。如果世界可以完全用机械原理来解释，那么上帝和灵魂似乎就变得不那么必要了。这种思想在当时虽然是少数派，但预示了启蒙运动和后来的唯物主义思潮。（这里实际上是一种现实与理想的妥协，一方面是因为理论存在缺陷，例如：无法解释宇宙起源；同时也有面对强大的宗教力量，选择明哲保身。）

英国的罗伯特·波义耳（Robert Boyle）等人物将某种版本的机械论（他被称为“现代化学之父”，对气体定律有贡献）融入了一个有组织且广为人知的研究计划中。这个研究计划的核心是：

* 倡导系统性实验（urged systematic experiment）：强调通过严谨控制的实验来获取知识，这是机械论（其微粒通过物理接触互动）与经验主义（强调观察和实验）的结合点。
* 避免非经验性思辨（avoidance of unempirical speculation）：直接批判了那种不基于经验证据、纯粹依靠抽象推理的形而上学或思辨性哲学。

在当时的英国机械论不仅仅是一种理论，更成为了一种推动具体研究实践和方法论变革的纲领。在17世纪中期，除了理论和方法论的变化，我们还看到了科学社团（scientific societies）在欧洲主要城市（如伦敦、巴黎和佛罗伦萨）的兴起。这些科学社团的建立，有明确的目的：

* **组织新的研究（organize the new research）**：它们为科学研究提供了一个正式的平台，促进了科学的交流、合作和规范化。例如，通过定期会议、出版物（如《哲学汇刊》），科学家可以分享发现、验证结果。
* **打破（通常是保守的）大学的体制垄断（break the institutional monopoly of the (often conservative) universities）**：在科学革命之前，大学是主要的知识生产和传播机构。然而，许多大学受到亚里士多德主义和经院哲学的深厚影响，对新兴的科学思想和实验方法持保守态度甚至抵制。科学社团的出现，为这些新科学提供了独立于传统大学的制度空间和支持，成为推动科学进步的重要力量。

牛顿（Isaac Newton 1642–1727，牛顿出生的那一年伽利略离世)的出现预示着17世纪科学革命的终结和新时代的开启。1687年，牛顿出版了其划时代的巨著《自然哲学的数学原理》（Principia）。这本书最核心的贡献是：它对地球上（on earth）和天空中（in the heavens）的运动给出了统一的数学处理。在牛顿之前，人们普遍认为地球上的运动（如落体）和天体运动（如行星轨道）是由不同规律支配的。牛顿通过万有引力定律，将二者统一起来，证明了同样的物理定律适用于整个宇宙。牛顿的工作不仅统一了天地物理学，还：

* **解释了开普勒的椭圆轨道**：他证明了开普勒发现的经验性的椭圆轨道定律，是天体之间引力作用（force of gravity）的必然结果。这使得开普勒定律从一个描述性规律上升为基于深层物理原因的解释。
* **极大地完善了伽利略（及其他人）开创的地球上运动理论**：伽利略虽然奠定了惯性定律的基础，但牛顿通过他的运动三定律和引力理论，为 天体运动提供了更精确、更全面的数学描述和解释（例如，为什么物体会加速下落，以及抛射体的轨迹等）。

牛顿的这项工作是如此令人印象深刻（so impressive），以至于在数百年的时间里，他都被认为是“实质上完成了”（essentially completed）物理学关于天体运动方面的全部工作。 “在某些方面，牛顿物理学是机械世界观的 “顶点” （culmination）” ：牛顿的理论精确地解释了物质的运动和相互作用，看似将世界视为一个巨大的机械系统。他的物理学继承了机械论的核心思想，即世界由微粒组成，并通过力相互作用。 “但在某些方面，它又是 “后机械论的” （ “post-mechanical” ）” ：这是因为牛顿假设了一些很难用纯粹的 “机械论” 术语来解释的力，其中最重要的是 “引力” （gravity）。纯粹的机械论强调局部物理接触（如碰撞）来解释相互作用。而牛顿的引力是一种超距作用（action at a distance），物体之间无需接触就能相互吸引。这在当时被许多机械论者（如笛卡尔主义者）视为一个难以理解的神秘力量，因为它不符合 “局部物理接触” 的原则。尽管牛顿成功地用数学描述了引力，但他自己也承认无法解释引力如何发生作用的机制（ “I feign no hypotheses” ——我不做假说）。

到牛顿发表他的著作并被广泛接受的时期，经院哲学（Scholastic worldview）的世界观已经被取代。取而代之的是：

* 哥白尼体系（Copernicanism）：宇宙中心从地球转向太阳。
* 某种形式的机械论（a form of mechanism）：世界被理解为由微粒组成，并通过机械相互作用运作（尽管牛顿的引力提出了新的挑战）。

在方法论方面，实验（experiment）与数学分析（mathematical analysis）的结合取得了胜利。这反映了伽利略和牛顿等人的成功实践，他们将严谨的经验观察与精确的数学工具相结合，从而揭示了自然规律。 “尽管人们对这种胜利组合的性质存在分歧” （though people disagreed about the nature of the triumphant combination）。但大家普遍认同，历史的车轮前进至此时，通常被称为 “科学革命” （Scientific Revolution）的时期宣告结束（科学神教就此由凡人建立，话说被智慧果实（苹果）专门砸中的凡人还是凡人吗？我找个机会去苹果树下蹲守个苹果，让他砸我一下）。上述变革不仅带来了智力上的（intellectual）变化（新的科学理论、方法论），也引发了政治上的（political）变化（例如，挑战了教会和王权的权威，促进了启蒙运动，影响了社会组织）。

在科学革命的影响下，在18世纪中后期，化学进入了一个快速发展时期，这一时期有时被称为 “化学革命” （Chemical Revolution）。这场变革从拉瓦锡（Lavoisier）的工作，特别是他对氧气（oxygen）及其在燃烧中作用的描述开始。他通过精确的定量实验推翻了燃素说，由此奠定了现代化学的基础。直到19世纪，随着道尔顿（Dalton）（提出原子论）、门捷列夫（Mendeleyev）（创立元素周期表）等人的工作，现代化学的基本特征终于真正得以确立。

林奈（Linnaeus）在18世纪对生物分类进行了系统化。林奈是现代生物分类学的奠基人，他创建了双名法和界、门、纲、目、科、属、种的分类体系。这为后来的生物学研究提供了基本框架之后。在19世纪生物学获得来关键性，革命性的发展：

* **细胞学说（the theory that organisms are comprised of cells）**：19世纪30年代，施莱登和施旺提出了所有生物体都由细胞构成的理论，将细胞确立为生命的基本结构和功能单位。这是生物学理解生命本质的根本性飞跃。
* **达尔文的进化论（Darwin’s theory of evolution）**：1859年，达尔文出版《物种起源》，提出了自然选择学说，解释了物种的起源、多样性和适应性。这彻底改变了人们对生命起源和发展的理解，是生物学上最重要的理论之一。
* **疾病的细菌理论（the germ theory of disease）**：由巴斯德、科赫等人建立，认为许多疾病是由微生物（细菌、病毒等）引起的。这一理论改变了医学实践，导致了消毒、疫苗和抗生素的发展，极大地降低了传染病的死亡率。
* **孟德尔的遗传学研究（the work by Mendel on inheritance that laid the foundation for genetics）**：孟德尔通过豌豆杂交实验，发现了遗传的基本规律（分离定律和自由组合定律），揭示了遗传因子（基因）的存在和传递方式。他的工作虽然在当时未被充分认识，但在20世纪初被重新发现后，奠定了现代遗传学的基础。

科学革命不仅仅是学术上的事件，它还促成了（fed into）更普遍的文化和变革。在18世纪，法国启蒙运动的哲学家们成为了科学革命思想的积极传播者和实践者。他们的核心目标是利用科学（science）和理性（reason）来扫除（sweep away）无知（ignorance）和迷信（superstition）。更重要的是，他们还希望借助科学和理性的力量来推翻（along with）压迫性的宗教和制度（oppressive religious and political institutions）。18世纪后期导致美国革命和法国大革命的思想运动，都深受科学和哲学思潮的影响。影响这些革命性思想运动的具体思潮包括：

* **经验主义（empiricism）**：强调基于观察和证据来认识世界，这挑战了传统权威和教条。
* **机械论（mechanism）**：将世界视为一个遵循固定规律的机器，这暗示社会也应有其理性、可操作的规律，而非神授或随意。
* **牛顿的启发（the inspiration of Newton）**：牛顿通过少数几个简单定律统一了天地物理学，其成就鼓舞了启蒙思想家，使他们相信人类社会和道德同样可以通过理性分析和规律发现来被理解和完善。
* **一种普遍的愿望**：这种愿望是以科学革命理解物理世界的方式来理解人类和社会。这意味着启蒙思想家试图将科学的方法论（如观察、实验、数学分析、寻求普遍规律）应用于对人性和社会结构的分析，以期构建一个更理性、更公正的社会。（去他奶奶的天地不仁）

………………………………………………………………………………………………

本章总结：

本章试图通过回顾科学时如何诞生的，以及回顾对科学产生重要影响的思想，历史事件来说明什么是“科学”，什么是“科学的”。甚至在本章的最后将科学拔高（个人认为科学对于现代社会和文明的影响远比作者描述的更深远）到了一个“令人兴奋”的高度。文中对于科学的定义是：一种有别于其他人类认知周围世界，并以此获取知识的方法。科学认知过程和理论应该是：从客观出发，应用数学等工具抽象理解客观事物内在的结构，以及导致客观观测结果（现象）之间的内在联系，可验证的具有普遍性的发现。

在科学工作中并没有特定的公式化的规范可以遵循。在科学研究中强调逻辑和应用数学工具进行推演/预测/验证的重要性，但不是符合逻辑和数学计算结果的发现/理论就是科学的；相比于抽象的逻辑分析结果，实证（观测到的符合理论的实验结果）更加被科学界（科学家群体）所看重。

本章的最后回顾了17世纪“科学革命”这个重要的历史事件的发展过程。

吐槽：最优秀的那批文化人之间也时常吵架呀。吵的好高级呀！！脏话那是绝对不会出现的，各种引经据典，要是没有AI帮忙我甚至都看不懂。AI是真的牛呀，直译这本书就是一篇如同嚼蜡的废话的堆叠；通过AI的一通解释；那是引人入胜呀。科学从出现到今天，那是真的全靠牛人们的孜孜不倦和付出呀。你说这帮人整天就这么不停的寻思宇宙的真谛呀，世界真实的样子呀这样的问题是不是都没几根头发呀？都得是聪明绝顶的人吧？那些科学大师们的画像是不是都是带着假发呀？

………………………………………………………………………………………………

**拓展阅读**

本章中的主题将在稍后详细讨论，并届时提供参考。还有两本值得提及的入门书籍。亨普尔的《自然科学哲学》(1966) 多年来一直是该领域的标准入门教材。它以塞梅尔魏斯的故事开头，是对20世纪主流经验主义的清晰而合理的陈述。艾伦·查默斯的《这东西叫科学是什么？》(1999) 也非常清晰；它提出了与亨普尔及此处辩护的一种不同观点。

在本书的所有主题中，还有一些参考书可以帮助读者。西蒙·布莱克本的《牛津哲学词典》是一本非常有用的书籍，翻阅起来也很有趣。劳特利奇的《哲学百科全书》质量也很高。《布莱克威尔科学哲学伴侣》包含了许多关于关键主题的简短论文（尽管这些论文中的许多相当高级）。斯坦福在线哲学百科全书仍在进行中，但将成为一个非常有用的（且免费的）资源。

关于科学革命，有许多优秀的书籍，每本书的重点不同。科恩的《新物理的诞生》（1985）是一部经典之作，对物理学的阐述非常出色。亨利的《科学革命与现代科学的起源》（1997）既简明又全面，包含了一章出色的机制论，以及一份详细的注释书目。舒斯特的1990年书籍也是一个有用的快速概述，而迪尔的《科学的革命》（2001）则是一本简明且新的书籍，声誉良好。但是图尔敏和古德菲尔德的《天空的结构》（1962），这本最近重印的老书，是我最喜欢的。它集中讨论了科学思想发展的概念基础。（这是图尔敏和古德菲尔德关于科学史的三本书中的第一本；第二本《物质的建筑》在这里也相关。）

库恩的《哥白尼革命》（1957）是一本经典之作，专注于早期阶段，如标题所示。沙平的《科学革命》（1996）不是一本很好的科学革命入门书，但无论如何是一本非常有趣的书。还有几本不错的书聚焦于特定的人物。科斯特勒的《梦游者》（1968）对开普勒的描述令人着迷，索贝尔的《伽利略的女儿》（1999）对伽利略及其生活艰难的修女女儿的介绍也不错。罗伯特·韦斯特法尔的关于奇特的艾萨克·牛顿的标准传记，有长版（1980）和短版（1993）两种。

有关世界范围内的医学历史，请参阅Porter的《对人类最大的好处》(1998年)。