

目 录

译者序	(员)
第一章 万有之理	(员)
第二章 影子	(圆)
第三章 问题求解	(源)
第四章 真实性的判断标准	(远)
第五章 虚拟现实	(愿)
第六章 计算的通用性和极限	(员缘)
第七章 关于证明的对话	(员园)
第八章 生命的意义	(员猿)
第九章 量子计算机	(员愿)
第十章 数学的本质	(员怨)
第十一章 时间 第一个量子概念	(圆员)
第十二章 时间旅行	(圆愿)
第十三章 四大理论	(圆缘)
第十四章 宇宙的终结	(圆缘)
参考文献	(猿缘)

前 言

本书阐明了一种世界观。如果这样做存在一个动机的话,那么主要是由于一连串非凡的科学发现使我们现在对于真实世界的结构拥有了一些非常深刻的理论。如果我们不满足于对世界的理解仅仅流于表面,就必须通过这些理论,通过推理,而不是通过先入为主的成见、普遍公认的看法,甚至轻信常识。我们最好的理论不仅比常识更加真实,而且远远比常识更有道理。我们必须认真对待它们,不仅把它们看做各自领域的实用基础,而且把它们看做对世界的解释。我认为,如果把它们结合在一起看,而不是孤立地看,那么,我们会得到最深刻的理解,因为它们本来就是难解难分的。

我们应该基于最好的、最基础的理论,形成合理的、有条理的世界观,如果这个建议会是新颖的或是有争议的,那才奇怪呢。然而实际情况恰恰如此。原因之一是,如果我们认真地对待这些理论,那么每一个理论都有与直觉截然相反的暗示。结果是,人们想方设法回避这些暗示,对这些理论作些临时修正或重新解释,或武断地缩小它们的应用领域,或者仅仅在实际中使用它们,而不从中引出更广泛的结论。我将批评其中一些做法(我认为这些做法没有一个可取的),但是只有当这种批评恰好便于解释这些理论本身时才这么做。因为本书主要不是为这些理论辩护,而是探讨假如这些理论正确的话,那么真实世界的脉络应该是什么样子。

译者序

阅读本书,会给你一种耳目一新的感觉。作者戴维·多伊奇是量子物理学和量子计算理论领域的顶尖科学家,他以独特的视角为我们描绘了一幅奇特的世界观。

多伊奇认为,20世纪出现了四个最好的理论,它们分别从不同侧面对现实世界进行了描绘。第一个当然是量子理论,第二个是达尔文的生物进化论,第三个是波普尔的认识论(关于知识是怎样产生和发展的理论),第四个是计算理论(关于计算机能做什么和不能做什么的理论)。多伊奇问:假设这些理论是对的,假如用这些理论去解释现实世界,那么我们能得到什么结论?

和爱因斯坦一样,多伊奇认为真实世界是统一和谐的,因此一定存在关于这个世界万事万物的理论——万有之理。多伊奇认为,上述“四大理论”一定有内在的本质的联系,把他们结合起来,就构成了第一个万有之理,而且根据波普尔的知识进化观点,将来一定会有第二个、第三个越来越好的万有之理。这个万有之理解释了真实世界是怎样组织起来的。

解释是本书的主题。多伊奇认为,科学活动的目的是为了更好地理解世界,是从问题出发寻求解释,而不是如归纳主义和实用主义所认为的那样,从观察出发寻求预言。量子现象是20世纪最重大的发现之一,但怎样解释它,物理学家们莫衷一是。“哥本哈根学派”的解释并不能令作者满意。另外一种解释理论,也是多伊奇支持的理论是多重宇宙理论,认为宇宙不只一个,许许多多平行宇宙和我们的宇宙同在,它们一般不和我们的宇宙发生相互作用,只有在非常罕见的情形下和我们宇宙发生干涉。在第二章里,多

伊奇描绘了一些朴素的光学投影实验 ,从中得出平行宇宙存在的重大结论。

虚拟现实是我们很熟悉的话题。但多伊奇提出的问题是 :虚拟现实的最终极限是什么?物理定律对虚拟现实的全部本领施加了哪些限制?怎样定义虚拟现实描绘的准确度?而且更重要的,虚拟现实描绘的环境是不是真实的?怎样判断一个事物是真实的?多伊奇指出 ,感觉并不能作为真实性的判断标准。在第四章 ,多伊奇给出了真实性的判断标准——复杂性和自主性 ,把真实性和计算的复杂性联系起来。

喜爱科学思辨的朋友可以看出 ,多伊奇是一位辩论高手。在第七章“关于证明的对话”里 ,多伊奇就“归纳问题”——一个古老的哲学问题——展开了讨论。讨论的方法很奇特 ,他把自己分成两个人 ,一个持有归纳主义观点 ,另一个同意波普尔的问题求解观点 ,两个人展开激烈的辩论。站在反对派的角度 ,用反对派的语言 ,得出矛盾的结论 ,这是多伊奇的论证技巧。在第四章 ,多伊奇反驳唯我主义观点时 ,用的也是这种方法。

总之 ,这本书不仅对物理学、计算机科学等领域的专家会有多方位的启迪 ,而且对普通读者 ,对于想了解科学家 ,想了解科学家的世界观的人来说 ,也是一本很好的读物。但是 ,正如物理学家德威特说的 ,这本书需要慢慢地读 ,细细地品味 ,许多地方需要两遍、三遍地读 ,才会有收获。因为毕竟它讨论的是现实世界的抽象的深层的结构 ,读懂它需要运用我们的理性推理 ,而不能依靠直觉 ,甚至不能轻信看似有理、实则谬误的常识。

当然 ,翻译此书并不表示书中的每一个观点都是正确的 ,也不代表我们完全赞同作者的世界观。事实上 ,直到目前为止 ,万有之理对于我们人类文明来说 ,还是一个相当遥远的目标。但是 ,本书给我们展示了一位严谨的、训练有素的科学家是怎样通过思辨、通过逻辑不断求索真理的。书中所表现出来的严谨细致的科学思维方法是值得许多人学习的。

在翻译本书过程中,多伊奇教授很耐心地为我们解答了所有疑问,在此深表感谢!同时对广西师范大学出版社的呼延华先生也表示感谢!

梁焰 黄雄

圆园园年猿月猿日于美国新泽西州

本书献给卡尔·波普尔、休·埃弗里特、阿兰·图灵以及理查德·道金斯。
本书认真地对待了他们的思想。

第一章 万有之理

记得小时候 ,有人告诉我 ,古代博学之士能够知道前人已经知道的一切 ,还有人告诉我 ,现在人类的知识太多太多 ,任何人都不敢说他已经学到了所有知识的一小部分 ,即使他学了一辈子。后面的断言令我吃惊 ,也令我失望。实际上我拒绝相信它 ,但我不知道怎样证明自己是正确的。我只是不情愿事情是这样 ,我羡慕那些古代的学者。

并不是我想记住列在世界百科全书里的所有事实 ,恰恰相反 ,我不喜欢背那些事实。我也不相信记住那些事实就可能什么都知道。要是有人告诉我现在每天出版的新书比一个人一辈子能读的书还要多 ,或者现在有 ~~三四五~~ 种甲虫 ,那我倒不会失望。我并不想跟踪每一只麻雀的踪迹 ,我也不能想像古代所谓“无所不知”的学者会连这种事情都得知道。我的脑子里对什么才算是“知道”有更加清楚的概念。我所谓的“知道”是指“理解”。

一个人可能理解前人已经理解的一切？这看起来仍然很荒唐。但如果有人说他能记住已知的所有事实 ,那就更荒唐了。例如 ,没人背得下来所有已知的观测数据 ,即使行星运动这样一个狭窄的学科的观测数据也没人能背下来。但很多天文学家完全能理解行星的运动 ,也许这是因为理解并不取决于知道许多事实 ,而是依赖于正确的概念、正确的解释和正确的理论。一个相对简单而有—般性的理论可以覆盖无穷多的难以理解的事实。目前关于行星运动的最好理论是爱因斯坦的广义相对论 ,它于 ~~1905~~ 世纪 ~~1905~~ 年代初期取代了牛顿的引力和运动理论。广义相对论不仅在理论上正确预言了所有行星运动 ,而且正确预言了引力的所有其他效应 ,

预言的准确性达到了我们最好的测量精度。一个理论“在理论上”可以预言某件事,意思是说该预言逻辑上是这一理论的必然结果,即使实际中推导出其中某些预言需要的计算量太大,以至于技术上不可行,或者有的计算量太大以至于实际上不可能在我们的宇宙中算出预言结果。

然而,预言事物或描述事物,不论多么准确,也和理解不是一回事。物理预言和描述常常用数学公式的形式表达。假设我有时间并且愿意记住这些公式,我可以根据这些公式算出所有记载于天文档案中的任何一颗行星的位置。那和直接记住档案中所有数据有什么不同?我到底得到了什么好处?当然公式更容易记住,但从档案中查到几个数据可能比从公式中计算更容易呢!公式的真正好处是:你可以得到档案资料中无法列举的无穷多的情况,例如,可以预言未来某一天的观察结果。公式也能更准确地导出行星在历史上某一天的位置,因为天文档案的数据含有观测误差。然而,即使公式比档案归纳总结得更好,能覆盖无限多的事实,知道这些事实并不等于理解行星运动。事实被总结为公式,并不代表就能很好地被理解,这比列在纸上或记在脑子里好不了多少。只有通过解释,事实才能更好地被理解。幸运的是,我们这个时代最好的理论体现了最深邃的理解,也体现了准确的预言,例如广义相对论用一种全新的弯曲时空的四维几何语言解释了万有引力。广义相对论准确解释了这种时空几何如何影响物质,又如何被物质所影响。解释是广义相对论的全部内容,关于行星运动的预言仅仅是我们从这一解释得出的若干结果。

广义相对论的重要性并不在于它比牛顿理论更准确地预言行星运动,而在于它揭示并解释了过去没有人知道的真实世界的某些侧面,例如空间和时间的弯曲。典型的科学解释就是这样。科学理论从一种深层的、一般不能直接感受到的现实角度来解释我们日常经历的事物和现象,但理论最宝贵的性质不是它能解释我们所经历的事物,理论最宝贵的性质是它能够解释真实世界本身

是如何构造的。在本书中,我们将看到,人类思想中最宝贵、最重要、最有用的属性之一是它有能力一般性地揭示并解释真实世界的构造。

但有些哲学家,甚至有些科学家,蔑视科学的解释作用。对他们来说,科学理论的基本目的,不是解释任何事情,而是预言实验结果,即科学理论的全部内容是其的预言公式。他们认为理论只要和预言结果一致,任何解释都是一样的,没什么好坏之分,甚至有没有解释都无所谓,只要预言是正确的。这种观点被称作工具主义(因为这种观点认为理论只不过是进行预言的“工具”)。对于工具主义者来说,“科学能使我们理解真实世界的本质,从而解释我们的观察结果”。这种想法完全是谬误和狂想。他们不能认识到科学理论超出预言实验结果所说的那些话并不是废话。这些工具主义哲学家和科学家说,解释仅仅是心理道具,即一种为了帮助人记忆,让人从理论中得到乐趣才放到理论中去的编造的东西。诺贝尔物理学奖获得者斯蒂文·温伯格(~~斯蒂文·温伯格~~)曾就爱因斯坦对引力的解释作过以下特别评述:

重要的是我们能对天文学家的摄影底片上的图像、光谱频率等作出准确预言,至于我们怎样解释这些现象,是用行星和光子运动引力场的物理效应(爱因斯坦之前的物理学解释)还是用时空弯曲来解释,那并不重要。^①

温伯格说这样一番话时,就带有一种工具主义情绪。温伯格和其他工具主义者的观点是错误的。天文学家的摄影底片上的图像到底是怎么造成的,我们如何解释它,这非常重要,不仅对我这样的理论物理学家来讲很重要,而且对所有人都很重要。物理学家研究并形成理论的真正动机恰恰是渴望更好地理解世界。(我

① 《引力和宇宙论》。

相信这也是温伯格的动机：他的真正动机并不只是预言照片上的图像和光谱。)即使在纯粹的实际应用领域中，理论的解释能力也是巨大的，预言能力仅仅是附属的。如果你对这点感到惊异不解，请假想有一个外星科学家光顾地球，带给我们一个特高技术“神谕”，可以预言任何可能的实验结果，但不作任何解释。对工具主义者来讲，有了这个神谕就足够了，科学理论除了可以让人自娱自乐以外没有用处。但真是这样吗？神谕在实际中怎么用呢？假设某神谕在某种意义上指示——比如，必须有哪些知识才能造一个星际旅行太空飞船。但怎样利用这样的知识真正造一个太空飞船呢？怎样构造出另一个神谕呢？怎样做一个更好的捕鼠器？神谕仅仅预示了实验结果。为了利用这一结果，我们必须首先知道做什么样的实验能得到实验结果。如果我们给出一个宇宙飞船的设计方案和试飞的详细设计方案，神谕的实验结果可以告诉我们宇宙飞船将怎样进行这次飞行，但神谕一开始并不能代替我们设计这样一个飞船。即使它能预言我们设计的宇宙飞船将会在起飞的那一刹那发生爆炸，神谕也不会告诉我们如何避免这种爆炸。如何避免仍然是要我们做的。我们制造宇宙飞船之前，甚至在我们开始改进设计之前，我们必须首先理解宇宙飞船将怎样工作，只有这样我们才有机会发现起飞时造成爆炸的原因是什么。预言，即使最完美、最普遍适用的预言，也不能代替解释。

同样，在科学研究中，神谕也不能提供给我们任何新的理论。直到有了一个自己的理论，并构想出一个实验来验证这一理论，我们才可能向无所不知的神谕发问：这个理论经过实验检验后会发生什么结果？因此，神谕完全不能代替理论本身，它可以代替实验，节省开办实验室和粒子加速器之类的费用。不需要建造原型太空飞船，不用让宇航员冒着生命危险去试飞，我们可以在地面上做一切实验，让宇航员坐在模拟飞行舱里，模拟飞行舱的行为受神谕控制。

神谕在许多情形下非常有用，但它是否真正有用，取决于人们

解决科学问题的能力,正如现在没有神谕的时候一样,需要设计解释性理论。神谕甚至不能代替任何实验,因为只有当比较容易地准确描述某一实验时,神谕才能给出一个答案,才能预言实验结果。而有时做一个真实的实验比描述这个实验还更容易些。毕竟,神谕必须得有某种“用户接口”,也许非得用某种标准语言输入一个实验描述。用那种语言,有些实验比另一些实验更难说明。实际中,许多实验的详细说明也许太复杂,以至于难以输入。因此神谕和其他实验数据来源有同样的优点和缺点。只有当参照某一神谕恰好比采用其他资源更方便的时候,神谕才有用。换句话说,外部世界已经有了一个这样的神谕,叫做物质世界。只要我们用正确的语言问它(即如果我们做实验),它就会告诉我们任何可能实验的结果,尽管有时让我们用要求的形式(即制造并操纵实验仪器)来“给出实验描述”很不现实。但是,神谕仍不能对为什么会得出实验结果给出任何解释。

在某些应用中,如天气预报,纯粹根据神谕得来的天气预报结果和根据解释性理论得到的结果几乎同样令人满意,但前提是神谕天气预报必须是完整的和准确的。但现实中,天气预报不可能是完全准确的。为了弥补这一缺陷,天气预报必须解释预报结果是怎样得到的。有了解释,我们就可以判断预报的可靠性,并根据我们的位置和需求推测出进一步的预报。例如,对我来说,如果天气预报说明天有风,我就需要知道这是根据附近的高压区域还是根据更远的飓风得来的,这很重要。如果是后者,我就会更加小心。气象学家自己也需要关于天气的解释性理论,这样他们可以猜测,他们作天气预报计算机模拟时,用多大的近似值最安全,需要哪些其他观测能使预报更加准确、及时,等等。

以上,我们用一个假想的神谕,即掏空了解释内容的科学理论,集中体现了工具主义者的理想,证明它的用处是非常有限的。幸好真正的科学理论并不像工具主义者的理想,而且现实中的科学家也并不是以这种理想为目标而工作。

工具主义的一种极端形式——称为实证主义(或逻辑实证主义)——认为:所有陈述,除了描述或预言观察结果的陈述以外,不仅都是多余的,而且是毫无意义的。尽管根据它自己的判断标准,逻辑实证主义本身就是无意义的,但这种观点竟然曾是 19 世纪前半叶风靡一时的科学理论呢!即使在今天,工具主义和实证主义仍然有市场。实证主义表面看上去似乎有理,原因在于尽管预言并不是科学的最终目的,却是科学的特征方法的一部分。科学方法包括首先提出一个假想为真的新理论解释某一类现象,然后做一个关键性的实验进行验证。对这一个实验,旧理论给出一个结果,新理论给出另一个结果,人们便抛弃那个与实验不符的理论。因此,用关键实验检验结果来决定如何取舍两个理论,的确取决于哪个理论的预言更准确,而不直接取决于理论的解释。“科学理论除了预言之外没有什么别的用处”这一错误观念就是这样形成的。但实验验证决不是科学知识增长的惟一手段,绝大多数理论并不是因为实验检验失败而被抛弃,而是因为它们含有的解释太拙劣,不需要做实验就会把它们抛弃。比如有这么个理论,说吃一公斤草可以治感冒。这一理论作了一个预言,这一预言是可以用实验验证的:如果某人患了感冒,吃了一公斤草,结果感冒还没好,就证明这一理论是错的。但从没有人做过这个实验,可能也永远不会有人做这种实验,因为这一理论并没解释为什么,也没说这一公斤草该怎样服用才会有效。我们当然会认为这个理论是荒谬的。实际上有很多类似这样的理论,我们没有时间和资源将它们一一验证。只有那些看起来有希望比现在流行的理论解释得更好的新理论,我们才会做实验验证它们。

认为科学理论的目的是预言,是混淆了手段和目的,就好像说宇宙飞船的目的是燃烧燃料一样,实际上燃烧燃料仅仅是宇宙飞船为了完成其真正目的而不得不做的许多事情之一。这个真正目的是将载物从太空中一个地方运送到另一个地方。一个理论要达到其真正科学目的——解释世界,还有许多事情要做,通过实验

的检验仅仅是这许多事情之一。

正如我曾经说过的,解释必然会涉及一些我们不能直接观察到的术语:原子和力、恒星的内部结构和星系的旋转、过去和未来、自然法则。解释越深,要引用的实体离我们的直观越遥远,但这些实体并不是臆想的,相反,他们恰是真实世界结构的一部分。

解释经常会产生预言,至少在理论上是如此。的确,如果某事物物理上是可预言的,那么只要解释足够完整,理论上就能给出足够完整的预言,但许多本质上不可预言的事情也可以被解释、被理解。例如,在公平的轮盘赌上,你可能预言不了下面将出现哪些数字,但如果你理解什么样的设计和操作能使轮盘赌公平,那么就能解释为什么有些数字的预言是不可能的。当然,仅仅知道轮盘赌是公平的和理解什么能使之公平不一样。

我在讨论的是理解,而不仅仅是知道(或描述或预言)。由于理解通过解释性理论才能达到,而且这样的理论有一般性,所以虽然记录在案的事实越积越多,并不使得理解这一切更加困难。当然很多人这样说,正如我小时候大人告诉我的那样,不仅记录在案的事实以惊人的速度在增加,而且我们借以理解世界的理论的数目和复杂性也在以惊人的速度增长。因此他们说,不论古代是否曾经有人理解过当时人类理解的一切,现在一定是不可能的,而且随着知识的增加,可能性越来越小。似乎某个学科每当发现了新解释或新技术时,这一学科就加入了一条新理论,任何想了解该学科的人就必须学习这一理论。而当这个学科的这样的理论太多时,专业就开始细分。例如,物理学分出天体物理学、热动力学、粒子物理学、量子场论以及许多其他分支。每一个分支都以一个理论框架为基础,每个理论框架都至少和**五百年**前的物理学内容同样丰富。许多分支已经分出了子分支。似乎我们发现得越多,就越来越不可逆转地被迫向专业化方向推进,离古代无所不知、无所不晓之士的境界就越来越遥远。

面对理论库存大幅度的迅速增长,人们会发出这样的感叹是

可以原谅的：人类再也不能像过去那样一辈子尝遍人世间所有的美味佳肴了。然而解释是一道很奇怪的菜，它的大部分不一定难以下咽。一个理论可能被新理论取代，新理论解释面更宽、更准确，但更容易理解。这样旧理论就成为多余的了。我们得到更多的理解，但需要学的东西却更少了，哥白尼的日心说取代复杂的把地球放在宇宙中心的托勒密体系就属于这样的情况。有时，一个新理论可能是旧理论的简化，例如阿拉伯记数法（十进制）取代罗马数字（这时，理论是隐含的，每一种记数法描述了一类运算、一类陈述或者一类关于哪种数字更简单的思想，因此体现了数的哪种关系更有用或更有意义的理论）；有时，一个新理论是两个旧理论的统一，比同时使用两个旧理论给我们更深刻的理解。法拉第和麦克斯韦将电理论和磁理论统一为电磁理论就是这样。更加间接地，任何一个学科的更好的解释将有助于我们更好地理解其他学科使用的技术、概念和语言，以至于我们的知识体系作为一个整体，虽然在不断增加，结构上却更加容易理解了。

诚然，即使旧理论被纳入新理论中去了，旧理论也没有完全被遗忘。有些场合下，罗马数字仍然在使用。虽然 $\text{千} \times \text{千} = \text{兆}$ 等于 悦悦悦悦 这样笨拙的方法永远不会再被人认真使用，但仍然会有人（例如数学史学家）知道并且理解它们。这是否意味着不知道罗马数字及其神秘的算术，一个人就不能理解“人类理解的一切”呢？并不是这样。一个现代数学家，虽然出于某种原因从没听说过罗马数字，但仍然已经完全掌握了与罗马数字有关的那部分数学。通过学习罗马数字，他并没有获得任何新的认识，仅仅获知了新的事实，一些历史事实，以及关于某些任意定义的符号的性质，而没有获得任何关于数本身的新知识。正如动物学家了解到如何将物种的名称翻译成另一种语言，或一个天文物理学家了解到不同文化是如何将恒星聚类成星系一样。

至于为了理解历史是否需要知道罗马数字的算术运算，这是另一个问题。设想有个历史理论——某个解释——依赖于古罗马

人的特定乘法技术(比如说,有人猜测,古罗马人特殊的铅管制造技术,用含铅的管道,污染了饮用水,导致了古罗马帝国的衰败),这时我们必须懂得这些技术是怎么回事才有可能理解历史,才有可能懂得前人懂得的一切。但是在这件事情上,目前没有什么历史解释需要引用乘法技术。因此在我们的记录中,这些技术仅仅是事实的陈述,不需要记住这些事实就能理解一切。必要的时候,例如当我们需要解读提到这些罗马数字的古代文献时,总可以像查字典一样查到。

在强调要把理解和“纯粹”的知道分开时,我并不是想低估记录下来的非解释性信息的价值。当然,这部分信息是非常关键的,无论是对微生物的繁殖(其遗传分子就含有这样的信息)还是对人类抽象思维来讲,都是非常关键的。那么理解和纯粹知道到底有什么区别?到底什么是解释,解释和纯粹事实陈述——比如正确的描述或预言——到底有什么区别?在实际运用中,我们通常能很容易地把这两者区分开。我们知道有时虽能准确描述和预测某件事,但我们并不理解它(例如,已知某病的发展过程,却不知道病因是什么)。我们知道有时解释能帮助我们更好地理解,但要为“解释”或“理解”给出一个准确定义却很难。粗浅地说,“解释”或“理解”是回答“为什么”的,而不是回答“是什么”的;是关于事物的内在机理的;是关于事物到底是什么的,而不是表面上看像什么的;是关于一定是怎么回事的,而不是恰好是怎么回事的;是关于自然的本质而不是经验之谈。“解释”或“理解”是与内在一致性、优雅性以及简单性相联系的,与任意性和复杂性水火不容。虽然这几个“性”同样没有一个简单的定义,但有一点是肯定的,理解是人类心智和大脑的高层次功能之一,而且是最独特的。许多物理系统,例如动物的大脑、计算机及其他机器,可以吸收事实并根据事实做出行动,但到目前为止,没有其他任何一个东西像人脑一样能“理解”一个解释,或首先需要一种解释才能理解。每发现一个新解释,每掌握一个现有解释都取决于创造性思维这个人类独特

的本领。

想一想罗马数字是如何从解释性理论被“贬低”为事实描述的。这种“贬低”随着知识的增长一直在发生。起初,用罗马数字的确帮助人们形成了概念和理论框架,人们通过它理解世界。但现在看来,那种理解相对于博大精深的现代数学理论的理解来说,实在是小巫见大巫,那种理解早已体现在现代数学理论中,并蕴含在现代表示中。

这提示我们“理解”的另一个属性。可能有些事情人们还没有意识到自己已经理解,甚至还没有听说过就已经理解了。这看起来有些自相矛盾,但如果一个解释是深刻的、普遍适用的,那么它当然既能覆盖已知情形,又能覆盖未知情形。假想你是一个现代数学家,第一次遇到罗马数字,你可能没有立刻意识到你已经懂了罗马数字是怎么回事。你首先必须学习有关罗马数字的事实,然后根据你现有的对数字的理解来思考这些事实。但做了这些之后,你会若有所思地说:“对我来说,罗马数字并没有什么新鲜的,只不过是些事实的陈述罢了。”这就是说,从解释的角度看,罗马数字是完全过时的。

同样,当我说我理解时空的弯曲怎样影响行星运动,甚至是影响我从没听说过的太阳系里其他的行星的运动时,我不是声称我能不假思索地回想出任何行星运动轨迹的每个环路、每个摇摆是怎么回事。我的意思是,我理解含有所有这些解释的理论。因此,只要给定某个行星的某些事实,任何一个星体的运动情况我都能导出。这样,我会回顾着说:“是的,我看不出那个星球的运动除了简单的事实以外,还有什么没有被包含在广义相对论的解释之中。”只有理解了解释真实世界结构的理论,才能理解真实世界结构本身,由于这种理论能解释我们想像不到的东西,我们便可能没想到自己能理解更多的东西。

我并没有说,理解了一个理论,就必然理解了这个理论能解释的一切。对一个很深的理论来说,认识到它能解释一个已知现象,

这种认识本身就是一个需要独立解释的重大发现。例如,类星体是位于某些星系的中心、有特别强烈的辐射的光源,长久以来是天文学中的一个神秘现象。曾经有人认为需要新的物理学理论才能解释这类现象,但是现在我们认为用广义相对论和其他早在发现类星体现象之前就有的理论便能解释这一现象。现在认为类星体是由正在滑落到黑洞的热物质构成的(黑洞是坍缩的恒星,其引力大得无论什么东西都逃不过它的吸引)。但达到这一结论需要多年的研究,既有观察又有理论。现在我们相信我们已经拥有了理解类星体的武器,但我们不认为以前就有这种理解。虽然我们是通过旧有理论来解释类星体现象,但是仍然得到了真正新颖的理解。正如很难定义什么是解释一样,很难确定辅助解释什么时候可以作为被理解现象的独立成分,什么时候包含在更深刻的理论之中。什么是解释?虽然很难给解释下定义,但并不难识别。这种现象很常见,实际上,给我们一个解释,我们能很快就知道它是不是新解释。同样,这仍然和创造性有关。如果已经理解广义相对论,某个行星的运动轨迹就可以解释为一个机械活动,虽然可能是很复杂的。但利用已知理论解释超新星现象,却需要创造性思维。因此要理解今天天体物理学的一切,就必须明确地理解超新星理论,但无须知道任何具体星体的运行轨迹。

虽然我们已知的理论像滚雪球一样越积越多——正如记录在案的事实一样,但理论整体架构并不比过去更令人难懂。虽然具体理论越来越多,越来越细致,随着具体理论所含有的理解不断被更深刻的、更一般性的理论所取代,理论会不断降格为事实,而理论变得更少、更深刻、更一般。这里的“更一般”的意思是说,新理论比过去若干彼此无关的旧理论能解释更多的情况,能覆盖更广的情形。“更深”意思是说新理论比旧理论的总和解释得更多,体现更深刻的理解。

几个世纪以前,如果你想盖一个很大的建筑,如一座桥梁或一个教堂,你必须雇一个总建筑师。他必须有这样的知识:怎样用最