

论科学理论的形式、解释与说明

成素梅

(山西大学 科学技术哲学研究中心, 山西 太原 030006)

摘 要: 科学理论的形式与解释、科学解释与科学说明之间既相互区别又相互联系。“科学说明”是指以科学原理或规律为出发点,对现象的原因或根据的阐释;“科学解释”是指对用来说明现象的这些原理或规律的进一步理解的观点。从特定的原理或规律出发,对特定的现象总会给出同样的说明。然而,对特定的原理或规律却可以有不同的理解,从而形成不同的解释。因此,科学解释是一个依赖于语境的概念。理论的抽象化程度越高,理解与解释的语境依赖性就越强、越复杂。

关键词: 科学理论的形式;科学解释;科学说明

中图分类号: N03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009 - 4970(2004)04 - 0005 - 05

在我国当前的科学哲学研究中,“解释”(interpretation)与“说明”(explanation)这两个概念,常常不加以区分地混同使用。例如,由浙江某出版社 1988 年出版,在封面标有“高等学校教学用书”字样的《现代科学哲学教程》一书的第 1 章第 5 节中,就把“scientific explanation”翻译为“科学解释”。问题在于,当科学家需要对用来说明现象的理论的形式体系作出进一步的阐述时,这种混同使用将会带来许多概念与语义上的混乱,有必要加以澄清。因此,本文以物理学的发展为线索,对科学理论的形式与解释、科学解释与科学说明之间的区别与联系的系统阐释,不仅具有一定的理论意义,而且具有现实的应用价值。

一、科学理论的形式与解释

定义不是惟独语言学家才有的活动,哲学家和科学家常常有必要给一个难懂的词和语义不明的词“下定义”。在哲学家和科学家的定义活动中,一是把这个难懂的词释义为较熟悉的词汇中的词。这样一个定义,像语言学家的定义一样,通常是纯粹的词典编纂法,即肯定一个在现有说明之前的同义性关系;二是把这个语义不明且容易引起混淆的词在特定文本的意义上加以界定。这样的定义,常常会超出语言学家的定义范围,赋予概念本身以特定的内涵与使用背景。为了有助于澄清科学解释与科学说明这两个概念的基本用法,本文从第二种定义方式出发,对科学理论的“形式”与理论的“解释”进行语义与语用的界定。

在科学哲学研究中,把科学理论的形式与对它的解释区分开来的需求,首先来自 20 世纪理论物理学

的发展。在物理学的发展史上,“解释”概念的频繁使用,是在量子力学产生之后才开始的。在此之前,在许多物理学家看来,这个带有主体意向性的概念,似乎与物理学的形式体系和研究方式没有任何关系。因为长期以来,物理学家普遍地把物理学看成是通过整理经验数据,揭示真实世界的客观规律的学科;把物理学理论看成是运用具有逻辑结构的语言、符号和推理规则对实在的表征体系。物理学基础的直接现实性和物理学研究方法的有效可靠性,确保了理论表征实在的客观性。

首先,从根本意义上看,物理学与人类交流的语言均直接地起源于实在、存在的现象和有规律可循的事实。心理学家皮亚杰关于发生认识论的研究成果表明,在儿童的心里,他们开始学话时所使用的许多概念,是从其所处环境的直接感知中建立起来的。因此,从遗传学的角度看,即使人类大脑的遗传结构有助于概念的产生,但是,关于客体的某些概念似乎不完全是天生的。例如,我们常用的重量、体积和密度等概念就是后天获得的。在现实生活中,一旦儿童能够理解大人在说什么,儿童在表达他的思想时就会很强烈地受到他所在的影响。这也是日常概念和特定的语系得以可持续发展 and 代代延续的前提条件之一。人们在理解和表述自己观察到的事物时所使用的这些日常概念,构成了物理学理论的前概念系统。

在日常生活中,许多事实所表现出的规律性,一方面允许我们用概念把它表述出来,并使其得以利用;另一方面,它使我们能够确信地假设,只有当语言的意义与我们观察的事实相一致时,语言才能够借助

收稿日期: 2003 - 09 - 26

作者简介: 成素梅(1962 -),女,山西交城人,哲学博士,山西大学科学技术哲学研究中心专职教授,硕士研究生导师。研究方向为物理哲学与科学哲学。

于陈述达到客观地描述实在的目的。例如,我们说石头会落入水中,纸屑会浮于水面。诸如此类的常识性的规律,会在我们的学习过程中铭刻在我们大脑的想象当中,使我们能够回忆起许多已经看到过的事实。因此,事实的规律性使合理的推理成为可能。除此之外,推理的能力还会在有规则的现象中得以产生。最基本的推理形式就是从对实在的思想表达开始的。这种表达之所以可能,是因为在经典物理学的研究中,实在本身充满了允许用语言、逻辑和符号加以表达的规律性。正是在这种经典的意义上,我们普遍地把物理学看成是对实在的一种客观描述。

其次,虽然在科学研究中是否存在着普遍有效的且完全一致的科学方法,一直是许多哲学派别争论的基本问题之一。在此不准备参与这种类型的争论。但是,在物理学研究中,按照爱因斯坦对科学方法的理解和描述,我们还是可以把物理学研究方法简单地分为四步:(1)经验意义上的有效观察;(2)概念意义上的明确表达;(3)逻辑意义上的详尽阐述;(4)实验意义上的最终证实。这四种相互递进的认识程序决定了物理学研究方法的可靠性。

在大多数情况下,第一步通常是通过对事实的初步观察和对数据的系统分析来进行的。这一阶段对一些基本问题的阐述,主要是用经验规则来概括所观察的内容。有些概括也许是定量化的。但是,不可能提供一个完整的理论框架。例如,经典天文学中的开普勒定律和热力学中的维恩定律等等,都是经验性的规律,而不是系统化的理论。第二步是在表述实在的过程中进行的。在这个过程中,物理学家通过发明或创造一些基本概念和数学客体,揭示与此相联系的一些基本原理。例如,力学中的牛顿定律是在经过一个很长的历史过程才得到的。第三步是从假设原理中提出理论上的推论,并把这些推论应用于特殊的案例研究中;这个过程通常是一个演绎的过程。例如,从麦克斯韦方程组中预言了位移电流的存在。最后一步是把这些结论充分地进行实验的证实。例如,宇宙学中的“红移”现象实验证实了广义相对论的预言。

当然,我们对物理学研究方法的这种划分,既不意味着科学发现的过程将会通过这四个步骤来实现。因为历史有其自身的发展方式,其中,环境与创造性与传统都会起作用;也不能把这种划分看成是在四种程序之间分配了某种优劣等级。因为在具体的实践过程中,并不是所有的步骤都是必要的。重要的问题是,我们应该注意到,在物理学理论的形成与发展过程中,实验与创造都是十分关键的。特别是在对实在的概念表征的过程中,不存在任何可以遵循的基本规则。为什么牛顿提出了加速度;为什么爱因斯坦提出

了时空的弯曲;为什么海森堡阐述了矩阵力学;为什么德布罗意假设了看不见的物质波;为什么狄拉克提出了正电子概念;为什么盖尔曼使用了没有物理算符的对称性等等。对这些问题的答案是不统一的。虽然系统地阐述与回答这些问题不是本文的主旨所在。但是,我们必须意识到,在理论的形成过程中这是非常重要的关键一步。

这种从经验到理论,再从理论到实验的方法论程序隐含了下列基本假设:其一,实在存在的“惟一性”假设;其二,实在演化的决定论假设;其三,物理理论的客观性假设;其四,测量仪器的工具论假设;其五,客体与主体相分离的假设。在经典物理学的理论体系中,理论概念与常识之间的联系,使得这些基本假设成为不言而喻的公认前提。因为在宏观层次上物理学家没有“假定观察者是一个‘物理存在’。客观描述被精确定义成对其作者没有任何涉及”^{[11](P276)}。因此,物质的固有属性与它在测量系统过程中的相对表现之间,这种相对表现与对它的物理描述之间,都不存在难以补偿的原则性差异。

正如海森堡在谈到现代物理学中的语言和实在时所言,“直到上世纪末(即 19 世纪末——作者注)所引入的全部概念构成了适用于广阔经验领域的完全首尾一贯的概念集,并且,与以往的概念一起,构成了不仅是科学家,也是技术人员和工程师在他们的工作中可以成功地应用的语言。属于这种语言的基本观念是这样一些基本假设:事件在时间中的次序与它们在空间中的次序无关;欧几里得几何在真实空间中是正确的;在空间与时间中发生的事件与它们是否被观测完全无关。不可否认,每次观测对被观测的现象都有某种影响,但是一般假设,通过小心谨慎地做实验,可使这种影响任意地缩小。这实际上似乎是被当作全部自然科学的基础的客观性理想的必要条件。”^{[12](P114)}

物理学起源的这种常识性和研究方法的这种可靠性,保证了物理概念是对世界的直接表征,物理学规律是对世界的内在本质的一种纯客观的揭示。在经典物理学研究方式中,这种来自常识的观念是十分强烈的,它通常会使得物理学家置疑问于不顾。或者说,只要物理学的理论能够很容易地在常识语言的范围内被表达出来,那么,就不需要对此进行任何实质性的解释。然而,问题的发展并非总是如此简单和直观。物理学理论毕竟是在经验基础上的一种系统化的理论。在这种系统化的过程中,数学手段的运用起到了决定性的作用。当数学模型的运用没有超出常识的范围时,除了一些哲学家之外,大多数物理学家不会对实在与模型之间的一致性提出更多的质疑。但是,当公理体系和抽象的基本概念不可能再像经典物理学那

样,能够在日常范围内被确定性地加以表示的时候;当我们试图把这些表示物理概念的数学量与可观察的实在联系起来之前,需要对这量进行更多的认真思考的时候,就强烈地提醒我们,应该在实在与我们对实在的表征之间作出区分。正是这种区分使我们在物理学中第一次面临着对理论形式的“解释”问题。

所以,当物理学对实在的表征,不再是人们习得的记忆积累所组成的简单的思想图象,而是服从于精确的数学规则的更加抽象的概念集合时,实在与对它的表征之间的差异就会变得十分显著。这种情况首先在狭义相对论中发生,然后是在广义相对论中发生。相对论的解释在于对理论中的数学概念赋予一个更直觉、更具体的意义,通过这些概念的意义重新表述我们所观察和测量的东西。在相对论力学中,这样的做法既没有带来任何观点上的困惑,也不存在更多的困难。因为在根本意义上,相对论力学的基本假设并没有与经典物理学研究方法中所隐含的决定论的世界观发生实质性的矛盾冲突。然而,在量子力学中,“解释”的必要成为更加尖锐而突出的问题。

量子力学的诞生,一方面,向那些未经评判便接受下来的常识观念提出了挑战。另一方面,使我们开始重视对物理理论与概念的语形、语义与语用问题的研究;重视对用来表征物理世界的抽象的数学模型与术语的意义与内涵问题的研究;重视如何把运用经验语言所描述的实验现象与抽象的理论概念联系起来的研究;重视对具体的测量过程中被测对象与测量仪器之间的内在关系的研究。一句话,量子力学的整个逻辑结构依赖于概率的运用,并显示出非定域性的特征。这些观念显然与过去的世界图象发生矛盾。因此,对量子力学的解释就是在理论的概念框架内表示现象和数据。然而,这件事情是非常困难的。这不仅因为量子论比以往提出的任何一个物理学理论都更加远离直觉,更加抽象;而且因为沿着这条道路,物理学家需要把理论的概率特征与事实的确定性协调起来,或者说,把现象的决定论特征与理论的统计性特征一致起来。

物理学家正是在寻求这种协调性的过程中,深有体会地真正意识到,原来,物理学理论由两部分组成,即,它的形式和它的解释。只不过是在经典物理学的理论中,理论的形式与它的解释是相互统一的。这种统一性存在于理论形式所内含的形而上学的假设与常识观念的一致性当中。而在量子力学中,理论形式所蕴含的形而上学假设与常识观念相差甚远,从而使形式与对它的解释之间的区别以明显的方式体现出来。这表明,虽然在实践中,理论的形式与解释常常被纠缠在一起。但是,在概念上,却是彼此分离的。物理学

理论的形式是指能够得出经验预言的一系列计算规则和方程,即,数学形式;而对物理理论的解释则与实验现象的基本结构有关。解释是以明确的方式说明,理论的形式体系向我们阐述了一种什么样的世界本体论图象。在这种意义上,同一种极其抽象的理论体系,常常会伴随着多种不同的解释。例如,标准的量子力学体系与玻姆提出的量子理论都使用了相同的方程,预言了相同的可观察量的值,但是,却对数学形式体系给出了不同的解释,描述了不同的世界本体论图象。

这说明,虽然从物理学理论的起源意义上看,理论概念的使用会尽可能地尊重常识的约定。但是,一旦超出日常的认识范围,我们就没有任何理由再坚持认为,与常识联系在一起的实在表述总是普遍有效的。另一方面,随着理论概念的不断普及,常识的范围也会随之不断扩大。所以,物理学理论的解释主要是理解理论的形式如何能够从常识的范围中分离出来,甚至敢于与之发生矛盾,从而把经验的语言与理论概念联系起来。正是在这种意义上,我们说,“解释的存在和必要性是物理学最本质的东西”,“是理论的一个内在组成部分”。^{[31](P97-99)}如果把解释看成是理论的一个内在组成部分,那么,一个成熟的解释应该满足理论形式所应满足的基本标准,一是与实验相一致;二是具有内在的自洽性,即逻辑上的无矛盾性;三是完备性,即要求理论能够给出精确的和明确的经验预言;四是它对现象的描述必须是清楚的。在这个意义上,理论的形式与对它的解释又是密不可分的。

二、科学解释与科学说明

自从逻辑实证主义晚期的重要代表人物亨普尔系统地阐述了科学说明的演绎——规律模型和归纳——概率模型之后,关于科学说明问题的研究和讨论,就成为科学哲学研究中的一个核心问题。在《牛津现代英语字典》中,“说明(explanation)”是指“使清晰的或可理解的”。正如亨普尔所论述的那样,“科学说明”是运用科学的规律对现象进行说明,从而给出现象产生的原因与根据。而“解释(interpretation)”是指对用来说明现象的科学原理或规律的意义的理解。“理解”是指“达到对本质、意义或事物的因果说明的一种思想把握”。所以,在语义学的意义上,“说明”与“理解”是既相互联系、又有所区别的两个不同概念。

在科学研究的过程中,一个成熟的科学理论通常会经历三个层次的活动:经验的适当性;形式的说明;理论的解释。即使在实践中,我们不可能总是能够在这些不同的等级层次之间画出明确的分界线。但是,不可否认,这三个层次的活动构成了科学理论的三个

清晰的目标。^{[4](P10-11)}首先,在拥有公式或算法规则的意义上,理论具有的再现观察数据的能力,说明了理论的“经验适当性”。例如,在物理学理论发展的早期阶段所提出的一些现象学的或半经验的计算公式。这些公式只是表达了某些物理量之间的一种关系和我们能够使用实验结果的一些规则。因为这些关系或规则只是在理论计算与实验数据之间提供了一个必要的联接,缺乏从更深的基础中把它们演绎出来。因此,这些公式或算法规则很容易出现问题,是不可靠的,它还只是对实验结果的一种描述。

其次,“说明”是由一组方程和应用规则构成的成功的形式体系所提供的。它相当于科学哲学家讨论的演绎——规律模型或覆盖率模型中的“说明”一词。说明的目的在于借助于共同的数学模型来解答表面上各不相关的实验现象,运用一种蕴涵式的方式给不同的物理现象赋予“为什么”会如此的阐述,其陈述形式一般是“如果……,那么……”,或者是,“因为……所以……”。在基本的意义上,“说明”的出发点是建立在理论的基本假设之上的。如果理论的基本假设所蕴含的固有意义是可理解的,或者说,是不会引起歧义的;那么,对它的理解本身就隐含了一种一致性的解释。如果科学共同体对理论的基本假设的理解是不一致的;那么,他们就需要进一步对这些基本假设进行“解释”。因此,理论的说明不能给出我们对理论基本假设和数学模型的一种“理解”。说明与理解之间的不同,强调了在物理学研究中可能存在着经过更一般的框架推论出一致性的基本要求。或者说,一致性是能够形成“理解”的一个重要方面,是有可能形成解释的逻辑起点。

科学共同体对理论的一致性的追求,主要体现在两个方面,其一是对理论的基本假设的反思;其二是对基本假设所建构的世界模型的理解。只有当他们一致性地理解了能够把握现象之间的关联和特征的形式体系时,才有可能形成对理论的一致性“解释”。毫无疑问,在物理学理论的理解中,最容易得到肯定性辩护的理解是科学实在论意义上的理解。因此,基于理解意义上的“解释”,显然包括了实用的和语境论的因素(contextual factors)。解释的语境依赖性特征已经超出了纯粹的认识论范围,打上了历史的、心理的、技术的甚至是社会的烙印。

正如解释学家海德格尔所指出的,解释需要以“前有”、“前见”和“前设”所构成的“前结构”为中介。“前有”是指解释者所处的文化背景、知识状况、精神物质条件及其心理结构的影响而形成的东西,这些东西虽不能条理分明地给予清晰的陈述,但是,却决定着他的解释;“前见”是从“前有”中选出的一个特殊角

度和观点,成为解释的入手处,通过“前见”,外延模糊的“前有”被引向一个特殊的问题域,进而形成特定的见解;“前设”是解释“前有”的假设,从这些假设得出“前有”的结果。解释学家的这些观点虽然不完全适用于物理学中的解释。但是,它至少反映出,在任何一种解释活动中,都必然存在着先存观念、先存知识和先存方法的引入问题。所以,在原则上,对任何一个物理学理论的理解都包含一个以现象为基础的关于世界的本体论故事,这种理解就构成了一种“解释”。

爱因斯坦曾经把物理学理论区分为两种类型。一种是原理性理论(principle theory),例如狭义相对论。另一种是构造性理论(constructive theory),例如气体动力学或洛仑兹的电子论。爱因斯坦指出,在物理学中,我们能够区分出各种不同类型的理论。在这些理论中,大多数理论是构造的。这些构造性理论试图从相对简单的形式框架出发,建立一种来自物理世界的较复杂现象的图象。当我们说,已经成功理解了一组自然现象时,总是意味着,我们找到了能够覆盖被研究的物理过程的一个构造性理论。另外一个最重要理论是“原理性理论”。这些理论运用的是分析方法,而不是综合方法。构造性理论的优点是,它是完备的、适应性较强的和清晰的;原理性理论的优点是,它在逻辑上是完美的,在基础上是可靠的。

显然,在爱因斯坦看来,只有原理性的理论才是真正成熟的理论。但是,从根本意义上看,不管是原理性理论,还是构造性理论,都潜在地蕴含着一系列形而上学的约定。这些约定是理论的出发点,它存在于由表述理论的基本假设的元语言所蕴含的意义当中,是隐藏在基本假设的表象意义之后,在语言、符号的创造与运用中所设定的观点与目标,它是对理论在理解上的一种内在说明,是理论说明的逻辑起点。因此,接受一种物理学理论,事实上,也就等于承认了这种理论体系所预设的各种说明前提,并且,这些约定不可能在蕴含它的理论体系中,对它作出“为什么”的元理论的再解释。如果这些约定不与常识观念相冲突,那么,就不需要对此作出进一步的解释;如果这些约定与已经被认可的常识观念相差甚远,那么,就需要在理解的基础上,对它们进行解释。所以,在这个意义上,说明与解释是两个不完全相同的概念,下面我们用两个具体的事例来阐述这种观点。

在经典物理学中,一个典型的事例是对开普勒的第一定律和第二定律的解释。开普勒定律是在分析经验数据的基础上总结出来的。用这两个公式来描述观察数据时,具有经验上的适当性。但是,这个层次上,我们并不知道为什么开普勒会得到这种特殊的关系

式。后来，牛顿第二运动定律和万有引力定律提出之后，开普勒定律成为牛顿定律的一个直接推论。然而，牛顿定律和万有引力定律对开普勒定律的说明，并没有对为什么行星会沿着椭圆轨道运动的原因提供一种理解。于是，有些物理学家试图运用超距作用的概念为行星的运动提供因果性的说明，甚至牛顿希望用以太把超距作用归结为接触力。由于这种说明并不是一种图象式的因果性说明。因此，关于引力如何传递的问题一直争论不休。直到爱因斯坦的广义相对论提出之后，物理学家才用时空弯曲的概念，为行星的运动提供了一种可理解的图象式的因果性说明。

在经典物理学中，另外一个有代表性的事例是，对热力学中的波义耳定律的解释。波义耳通过对理想气体的研究后，总结出在一定的温度条件下，气体的压强与体积成反比的结论。即 $PV = \text{常数}$ 。在这个层次上，这个公式是基于经验数据得到的一个现象学的规律。后来，我们能够从统计力学的形式体系中推论出与此类似的更加具体的公式。但是，这种演绎式的说明，没有为我们提供为什么会这个结果的物理机制的理解。直到气体动力学理论提出和确立之后，

这种图象式的因果性说明才成为可能，并且提供了对热现象的一种类型的理解。

这两个具体事例说明，在传统物理学的研究方式中，物理学家并不满足于原理性的说明，总是习惯于为理解实验现象，揭示实验现象之间的关联，坚持不懈地寻找着图象式的因果性说明模型。问题是，物理学家的这种努力，在微观领域内，遇到了至今难以克服的困难。例如，在玻姆对 EPR 关联的重新表述(习惯上称为 EPRB 关联)方式中，虽然现有的量子力学的形式体系能够给予说明。但是，这种说明没有提供出，为什么当测量得到一个粒子是自旋向上时，另一个粒子肯定会处于自旋向下的状态的机理性理解。这种理解正是目前寻找量子测量解释所要解决的一个核心问题。理解量子现象的多元性，直接导致了关于量子测量解释的多元性。截止目前，物理学家还不能够在许多并存的解释中，确定哪一种解释是合理的。这也许正是量子测量解释成为物理学家和科学哲学家长期以来共同感兴趣的内容之一的一个重要原因所在。

为了简单明了，我们把上面的分析用下表的形式呈现出来：

经验的适当性	说明	解释
开普勒第一定律和第二定律	牛顿第二运动定律和万有引力定律	“以太”的解释;广义相对论的解释
波义耳定律	统计力学的形式体系	气体动力学
EPRB 关联	量子力学的形式体系	哥本哈根解释;多世界解释;玻姆的本体论解释;等等。

三、结语

综上所述，在科学理论的形成过程中，科学共同体所追求的最高目标始终是，希望能够对实验现象给出因果性的一致性理解。从这个意义上看，把“科学说明”译成“科学解释”实际上混淆了理论的形式与解释之间的联系与区别。因为“科学说明”总是从某些原理或规律出发，而“科学解释”却是对用来说明现象的这些原理或规律的进一步理解。从特定的原理或规律出发，对特定的现象总会给出同样的说明。然而，对特定的原理或规律却可以有不同的理解，从而形成不同的解释。因此，解释是一个依赖于语境的概念。理论

的抽象化程度越高，理解与解释的语境依赖性就越强、越复杂。

参考文献：

- [1] 伊·普里戈金，伊·斯唐热. 从混沌到有序：人与自然的新对话 [M]. 上海：上海译文出版社，1987.
- [2] W·海森堡. 物理学与哲学[M]. 北京：科学出版社，1974.
- [3] Roland Omnès. The Interpretation of Quantum Mechanics, The University of Princeton Press, Princeton, 1994.
- [4] James T. Cushing. Quantum Mechanics: Historical Contingency and the Copenhagen Hegemony, The University of Chicago Press, Chicago, 1994.

[责任编辑 尚东涛 李继峰]