

# 物理实在的演化

方玉田 邢永忠 张其林

诺斯劳普(F. S. C. Northrop)认为,“科学知识的对象决不是通过观察和实验去直接认识的,而是通过思辨地提出理论结构或公理假设才能认识的,这些理论结构或公理假设只有通过由它推演出来的结论间接地在实验上加以检验。因此,为了探知科学知识的对象,我们必须走向它的理论假设。”这种“理论假设”包括了认识论和本体论假设。本体论是一种关于研究对象存在性和可知性的假设。本体实在即外部世界、物理世界和存在的实在等等。物理实在是物理学理论中概念化的实在,是一种理论实在。物理实在是通过物理学理论中的一组基本概念来表征的。物理学家正是用它来建构简化的和易领悟的世界图像,从而思辨地、直觉地把握实在,因此物理实在的假设构成了物理学理论的基础和前提。物理实在的研究关系到物理认识论和物理方法论,当然也就关系到对物理世界的认识及物理理论发展的方向。物理学理论的更替和发展伴随着物理实在的不断演化,因此对物理实在演化的研究当然也就具有更为基础的作用和意义。

关于物理学理论与物理实在的关系有多种观点,牛顿认为物理学的目标是对运动现象做出精确的定量描述。波普尔认为,“从真理的观点看,这些科学总的来说包括最优越的陈述和理论;即包括对事实世界或所谓的‘实在’提供最好描述的那些陈述或理论。”爱因斯坦认为,“‘实在状态’这样的事是存在的,它不依赖于观察或量度而客观地存在着,并且原则上可以用物理的表述方法来描述。”包括爱因斯坦在内的一些物理学家均认为物理学理论是对物理实在的定量描述,这是一种唯物主义的观点。霍金认为,“物理理论只不过是一种数学模型,询问它是否和实在相对应是毫无意义的,人们所能寻求的是其预言应与观察一致。”此种观点认为物理学理论是预言的工具,其对现象仅仅做出计算和说明,不涉及实在的问题。包括玻尔在内的一些物理学家的此种观点,是一种实证主义和工具主义的观点。我们赞成物理学理论是对物理实在描述的观点,此种物理实在是对物理世界的一部分进行抽象、简化、建构、理想化甚至歪曲的结果,正是通过对物理实在的描

述,科学家才得以描述和说明物理现象,也就表明任何物理学理论都有其局限性,部分真实地反映了物理世界。

下面我们通过分析经典力学、电磁学和量子力学中的物理实在表明物理实在观不是一成不变的。

## 一、经典力学中的物理实在

爱因斯坦认为,“物理学是从概念上掌握实在的一种努力,至于实在是否被观察,则被认为是无关的。人们就是在这种意义上来谈论‘物理实在’的。”独立于人的外在世界的假定,为物理实在的客观性提供了保证。此种客观性构成了科学的基本假设,第一个能够作为现代意义上的物理实在观是在17世纪的机械论哲学中孕育出来的。

著名的机械论哲学家笛卡尔提出了一切实在都是由两种实体——精神和物质——构成的二元论观点。“从自然科学的观点来看,二元论更重要的结果就在于,它将随便什么的精神特性都摒弃于物质世界之外。……笛卡尔二元论的作用是,以外科手术般的精细态度,从物质本性中剔除精神的每一丝痕迹,留下一片由惰性的物质碎片杂乱堆积而成的、没有生命的疆域。这是一个苍白得出奇的自然概念——但是令人赞叹的是,它是为近代科学的目的而设计。……至此,近代科学的物理本性已经诞生。”机械论哲学的兴起为现象的解释提供了一种恰当的语言,为科学的产生营造了一个适合于科学产生和发展的社会文化环境。“机械论哲学主张所有的自然现象都是由运动着的物质微粒引起的——它们必然是这样产生的,因为物理实在只包含处于运动之中的物质微粒。”这是机械论哲学的物理实在观。且“世界是一部机器,它由惰性物体组成,按物理必然性运动,且与各种思维存在物的存在无关。”这种“完美机器的理想”是科学活动的基础。

17世纪的机械论哲学专注于物理因果关系,开普勒定律所代表的数学描述的种类对于科学也是重要的。因而在机械论哲学与毕达哥拉斯数学描述之间存在着紧张。这种紧张的解除是由牛顿的创造性工作完成的,正是由于牛顿的工作才构造了经典力学中的物理实在。

牛顿对作用于物质微粒之间力的承认对机械论哲学作了根本上的修改,正是“通过在物质和运动的基础上加上一个新的范畴——力,牛顿使数学力学和机械论哲学彼此协调。力的概念代表了一种能把伽利略传统引入机械论哲学的途径,正是牛顿,才使机械论哲学与毕达哥拉斯数学描述的传统之间协调统一起来,数学语言才成了一种描述物理世界的语言。

牛顿在形成力学体系的过程中发明了质量(物质实体的量度)的概念,至此形成物理实在的全部概念体系已经完成,牛顿的机械论物理实在观是一种物质微粒和力之间的二元论。正如爱因斯坦所言“物理学实际上起始于质量、力和惯性系的发明。所有这些概念都是一些自由的发明,它们导致了机械观的建立。”牛顿物理学的特征在于它不得不认为空间和时间也像物质一样,都是独立而实在的存在,这种绝对的时空提供了物质粒子运动的舞台,绝对的时空可以限制和影响运动的物质粒子,而运动的物质粒子却不能对绝对的时空产生任何影响。

## 二、电磁学中的物理实在——场

“在两百年的科学研究中,力和物质是理解自然界的一切努力中的基本概念,要是没有其中的一个概念,就不可能想象另一个概念,因为物质总是通过它对别的物质的作用,作为力的源泉而显示其存在的。”牛顿的机械观为17~19世纪的科学研究提供了一个总体的框架。力学构成了科学研究的基础,人们总是企图将一切物理现象纳入力学的框架内。

法拉第在1831年发现的电磁感应现象向人们提出了电磁力如何传播的问题,也就是电磁力同其传播赖以经过的材料物质之间的关系问题。正如海森伯所言:“在牛顿力学中,万有引力被认为是已定的,而不是进一步理论研究的对象。然而,在法拉第和麦克斯韦的工作中,力场本身变成了研究对象;物理学家想知道这个力场怎样作为空间和时间的函数而变化。”法拉第于1845年引进了“磁场”这一术语,即引进了场的概念,麦克斯韦系统地发展了电磁场理论,最终“在为法拉第的物理观念建立数学表示式的过程中,麦克斯韦修正了法拉第的概念,系统地形成了场的物理模型和数学模型,这些模型又提出了更广泛的物理理论,也具有更深刻的概念洞察力,使人们对由法拉第观念提出的问题在概念上的认识更加深刻。”然而,麦克斯韦在力学解释纲领的框架内

发展了电磁理论,并证明了光与电磁波的一致性。1888年,赫兹在实验上证实了电磁波的存在,并且证明光、辐射热和电磁波的运动是完全相同的。也证明麦克斯韦场论的基本性质是对的。

当时许多物理学家认为电磁波是一种以太媒质的状态,以太应具有机械的性质,因此实质上也是一种以太和物质的二元论。以太和物质的关系问题是由洛伦兹解决的;他设想物质就是带电的粒子(电子),从而把物质和以太分别开来,并且从电子和电磁以太两者的关系出发来解释以太和物质的关系,把电磁场和物质截然分开了。他提出应该抛弃以太的所有机械特性,把自然规律都归结为电磁场所描述的性质。洛伦兹的电动力学就是用带电粒子带电来解释并建立电磁场的协调一致的理论。他指出,场完全摆脱了力学的所有性质并与普通物质完全分离了,场完全是一种独立的物理实在。爱因斯坦认为“电磁场同有重物质之间的唯一关系发生于基元电荷是固着在原子性的物质粒子上这一事实。对于这种物质粒子,牛顿运动定律是成立的。”正是通过这一点在力学实在观和电磁学实在观之间建立了联系。表明了物理学理论之间具有一种内在的联系。

正是由于电磁学理论的发展和完善彻底突破了力学解释纲领的框架,表明物理学的进展创造了新的更加奥妙的实在。麦克斯韦的场是以绝对空间的存在为前提的,场论的进一步发展是爱因斯坦的相对论。正是狭义相对论表明“以太”是多余的,且牛顿的绝对时空变成了相对论的四维时空,时空也不再是独立存在的,它只是场的一种结构性质。相对论所根据的是,把物理实在分为两个方面,一方面是度规场(引力),另一方面是电磁场和物质。“既然广义相对论意味着用连续的场来表示物理实在,粒子或者质点概念就不能起基本作用,运动概念也不能起这种作用,粒子只能表现为空间中场强度或者能量密度特别大的有限区域。”

## 三、量子力学的物理实在

19世纪末20世纪初,随着电动力学理论的完善,许多物理学家又企图把物理学的普遍基础建立在电动力学的基本概念之上,因而就存在力学自然观和电磁自然观之间的激烈冲突。爱因斯坦要用自己的工作去解决力学世界观和电磁世界观之间的矛盾,就出现了物理学理论的两个发展方向——相对论和量子力学。下面来看量子力学。

经典力学的实在观和电磁学的实在观均不能说明同辐射和原子结构有关的单个事实。1900年普朗克为了说明黑体辐射的现象提出了能量子的概念,标志着量子论的产生。“也许以前从来没有一种理论发展成量子理论那样,能对如此庞杂的一群经验现象提供解释和计算的钥匙。”量子论的发展和完善造就了今日科学技术的辉煌成就和对宇宙现象的深刻认识。量子论又创造了一种更加新奇的物理实在的根本特色,不连续性代替了连续性,所出现的不是掌管个体的定律而是关于几率的定律。量子力学中通常假定同一个体系所处的状态相对应的波函数确实包含着此体系物理实在的完备描述。海森伯认为“几率波的概念是牛顿以来理论物理学中全新的东西。在数学或统计力学中,几率意味着我们对实际状况认识程度的陈述。……然而,玻尔、克拉麦斯、斯莱特的几率波意味着更多一些东西;它意味着对某些事情的倾向。……它引入了某种介于实际的事件和事件的观念之间的东西,这是正好介于可能性和实在性之间的一种新奇的物理实在。”量子力学物理实在的根本特征就是波粒二象性,玻尔认为粒子图像和波动图像是同一个实在的两个互补描述。

在经典物理学中假定物理实在是与主体无关的,但玻尔认为离开可能出现的主体而独立的实在是没有的。因此我们所观测的不是自然本身,而是我们用来探索问题的方法所揭示的自然。“原子与基本粒子本身却不像是真实的,与其说它们构成了一个物与事实的世界,不如说它们构成一个潜能或可能性的世界。”

量子论实在的特征是与普朗克作用量子相联系的。当普朗克作用量子不可忽略时,量子论不能描述空间和时间中的事件。只有当我们在一个可把普朗克作用量子当作无限小的较大标尺上处理对象和过程时,关于时间和空间中事件的客观描述才是可能的。量子论指明了我们能够作客观描述的条件。

经典物理学的实在观认为物理实在应具有客观性、不变性、绝对性和永恒性等性质,观察和测量对物理实在的影响可以任意地减小。量子论的实在观认为物理实在的揭示是与观察者密切相关的,观测或与外界的相互作用会导致波函数坍缩,从而实现了从可能性到现实性的转变。也就是量子论的物理实在不再具有上述的性质。经典物理学的物理实在要求严格的连续性、严格的决定性和严格的局限性。

量子论的物理实在则是非连续性的、非决定性的和非局限性的。经典物理学的实在观是一种教条的实在论,量子论的实在观是一种实用的实在论。玻尔和爱因斯坦关于量子力学问题的争论实质上是一种从不同的物理实在观出发的争论。与不同的物理学理论相联系的物理实在观是在物理学理论自身的产生、发展和完善的过程中形成的。

上面的分析表明,物理实在观是随着物理学理论的发展不断演化的,物理实在的不断演化表明了物理学理论的不断发展和我们对物理世界认识的不断深化和完善,极大地增强了我们改造世界的主观能动性和能力。

(甘肃天水师范学院近代物理理论研究所 741001)

## 科苑快讯

快速去除藻类植物的廉价方法

一项快速去除淡水中藻类

植物的新方法,也许能够治理被藻类植物污染的湖泊,中国科学院的潘刚(音)和同事们在英国《环境污染》(*Environmental Pollution*)杂志上发表了这一文章。

他们论证,这一方法不但非常适合紧急杀灭有毒的蓝藻,而且可能提供一种对付覆盖湖泊藻类的长远策略。

新方法将当地的沉积物、黏土与甲壳素(chitin)混合,使其絮状产物与藻类紧密结合,将有害藻类沉入湖底。

在对中国南方太湖的试验中,他们在围起来的试验区域泼洒了低浓度(25毫克/升)用10%甲壳素改良的当地土壤,在16小时内去除了99%的蓝藻细胞。

(高凌云译自 *Environmental Science & Technology*, 2006年第5期)

