

概念在物理理论中的地位和作用

方玉田 邢永忠

(天水师范学院物理系 甘肃 741001)

爱因斯坦认为“科学并不就是一些定律的汇集,也不是许多各不相关的事实的目录。它是人类头脑用其自由发明出来的观念和概念所作的创造。物理理论试图作出一幅实在的图像,并建立起它同广阔的感觉印象世界的联系。我们头脑里的构造究竟能否站得住脚,惟一的是要看我们的理论是否已构成了并用什么方法构成了这样一种联系。”由此可以看出概念在物理理论中的基础地位和重要的作用。每一种物理理论都表明了一种关于物理实在的图像,而概念无疑是物理实在图像的构成元素,也是物理理论的构成元素。因此分析概念在物理理论中的地位和作用是有重要的意义的。

一、概念是物理实在的构成元素

韦斯特福尔认为“文艺复兴时期的自然主义最终是基于这样一种信念:自然是一个秘密,而人类理性从来就不能达到这个秘密的深处。另一方面,笛卡尔号召通过理解消除疑问,则表达了自然界里并没有潜藏着深不可测的秘密,自然界对理性是完全透明的。在此基础上,17世纪建立了自己的自然概念,即机械论哲学。”笛卡尔认为一切实在都是由精神和物质两种实体构成的。笛卡尔的这种“二元论更重要的结果就在于,它将随便什么的精神特性都划一地摒弃于物质世界之外。”此种物质世界实质上也就是我们现在所说的纯客观的物理世界。他的物质世界是由一片惰性物质碎片杂乱堆积而成的、没有生命的疆域。这种苍白得出奇的自然概念或观念却为近代科学的产生和长足进步奠定了极为重要的基础。机械论哲学认为所有的自然现象是由处于运动中的惰性物质组成的,且可以用物质粒子的运动解释一切自然现象。运动中的物质微粒组成物理世界,因此运动中的物质微粒就成为笛卡尔机械论哲学的物理实在图像。这种物理实在图像也与我们的感觉所描绘的那个世界大相径庭。

物理概念的革命主要是关于看待旧事实的新方式,此种新方式以提出不同于以往的概念或观念作为其特征。在力学科学中关于运动的新概念是由伽利略所说明的。笛卡尔对自然现象的机械论解释仅是一种推测,而开普勒和伽利略等却作出了对机械运动的精

确数学描述。在17世纪,发明了许多的科学仪器,更重要的是采用了实验方法,它就是把自然界的一部分从自然界的整体中隔离出来,根据实验者的问题要求自然对该问题作出明确的答复,因此它成了科学研究的一个被广泛使用的工具。牛顿极为重视实验的研究,因此“牛顿对自然的机械论哲学作了根本上的修改,并赋予其更为深刻复杂的内涵,从而为此后200年间西方世界的科学思想提供了总体框架。”在牛顿力学中,牛顿提出了力的概念,正是这种对作用于物质微粒间的力的承认表明了他同流行的机械论自然哲学的分离。通过在物质和运动的基础上加上一个新的概念——力,牛顿使数学力学和机械论哲学彼此协调,从而开辟了一种更为有效的科学研究途径。也就是说在物理学研究中采用了数学语言,从而使物理学成为一种精确的科学。牛顿在伽利略运动概念的基础上引进了力和物质质量等概念,创立了一个完全与他力学体系相适应的机械论的物理实在观:相互独立的三维的空间和一维的时间构成了物质粒子运动的框架,该框架限制和影响着物质粒子的运动,而物质粒子的运动却不能影响该框架。总之,绝对时空观中的空间、时间、物质和物质的运动相互之间都是相对独立的,没有任何内在联系的。这是现代科学意义上的第一个物理实在的图像。此种机械论的物理实在观形成了物理学进一步研究的基础,经典力学也就成为20世纪以前物理学的研究纲领和坚实基础。因此概念是物理实在的构成元素。

二、爱因斯坦论概念

爱因斯坦认为物理学是从概念上掌握实在的一种努力,更说明了概念在其理论中的重要性和作用。“我们的一切思想和概念都是由感觉经验引起的,它们只有在涉及这些感觉经验时才有意义。但是另一方面,它们又都是我们头脑的自发活动的产物。所以它们绝不是这些感觉经验内容的逻辑推论。因此如果我们要掌握抽象观念复合的本质,我们就必须一方面研究这些概念同那些对它们所作的论断之间的相互联系;另一方面,我们还必须研究它们同经验是怎样联系起来的。”这表明他认为人的思想和概念的起源与感性经验

内容有关,但前者又不能从后者逻辑地推导出来,说明概念既与经验内容有关,又是人类理智的自由发明,正是概念建立了经验资料与物理理论之间的联系。

爱因斯坦又把概念分为原始概念(即与感觉材料直接而确定地联系起来的概念)和基本概念(即具有较大的逻辑统一性的概念)。这正如他所说“科学用到全部的原始概念,即那些同感觉经验直接联系着的概念,以及联系这些概念的命题。在发展的第一阶段,科学并不包含别的东西。我们的日常思维大致是适合这个水平的。但这种情况不能满足真正有科学头脑的人;因为这样得到的全部概念和关系完全没有逻辑的统一性。为了弥补这个缺陷,人们创造出一个包括数目较少的概念和关系的体系,在这个体系中,‘第一层’的原始概念和原始关系,作为逻辑上的导出概念和导出关系而保留下来。这个新的‘第二级体系’,由于具有自己的基本概念(第二层的概念),而有了较高的逻辑统一性,但这是以那些基本概念不再同感觉经验的复合有直接联系为代价的。对逻辑统一性的进一步的追求,使我们达到了第三级体系,为了要推演出第二层的(因此也是间接地推出第一层的)概念和关系,这个体系的概念和关系的数目还要少。这种过程如此继续下去,一直到我们得到了这样一个体系:它具有可想象的最大的统一性和最少的逻辑基础概念,而这个体系同那些由我们的感官所作的观察仍然是相容的。”这段话表明他相信科学的统一性,具有较高程度逻辑统一性的概念不再同感觉经验的复合有直接联系而含有较少的经验成分,但依据演绎的法则这些基本概念仍然同原始概念之间具有逻辑的关系。也就是说最终而言概念总是渗透着经验内容,而且随着物理理论统一性的不断提高,其基本概念和原始概念之间联系的逻辑道路越来越漫长。我们承认物理理论是由基本概念、概念间的关系(命题)和逻辑推论构成的一种构造性、思辨性的逻辑体系。他也认为概念及概念间的关系是思维的一种自由发明和创造,对逻辑规则的选择亦是自由的。感性知觉材料之间的关系作为逻辑演绎的结果应纳入物理理论体系的逻辑结构。在它是否与经验相符合时,我们就把它的个别推论和观察实验上获得的经验资料进行相互间的比较。有这样一个基本的事实:我们在物理理论的逻辑框架内推论个别的结论时,通常离不开初始条件或边界条件。初始条件和边界条件就是在实验中获得的关于实际客体在某一时空区域内的较为准确

的经验资料。许多物理学理论都是采取这种方法来预测新的事实和检验其理论本身的。另一方面,我们已表明同一概念在不同的物理理论体系中具有不同的意义,也就是说概念的意义又与确定的物理理论体系相关,比如粒子性的概念在经典力学与量子力学中是有一定差异的,时间和空间的意义在经典力学和相对论中也是有一定差异的。

三、讨论与结论

概念对数学理论的发展也是至关重要的,然而数学理论的发展是以割断其概念与外在世界的联系为其前提的,自然科学理论的发展是以建立其概念与外在世界的联系为其前提的。这样对于自然科学理论就存在与外在世界是否相互符合的问题。这正如爱因斯坦所言“数学只研究概念之间的相互联系,而不考虑它们对于经验的关系。物理学也研究数学概念,但这些概念只是由于明白地确定了它们对于经验对象的关系,才得到物理内容。”如几何中的点既没有大小、也没有体积;经典力学中的质点虽没有大小和体积即外延的规定但却具有一定的质量。自然科学中的概念既与经验有关,又与自然科学理论的构造有关,因此概念既含有经验的成分,又具有抽象和理想化的特征。

概念又为物理理论的产生提供了必要的基础。例如德国物理学家普朗克突破经典物理学关于物理量连续性观念的限制,创造性地提出能量非连续的即间断的能量子概念,成功地解释和说明了黑体辐射现象。爱因斯坦依据能量子概念的类比又提出了光量子概念,成功地解释和说明了光电效应的现象。普朗克量子论的提出开辟了新的研究领域——微观领域,又为微观领域的理论——量子力学的形成奠定了必要的概念基础和其产生的必要前提。

适当概念的提出又为不同物理理论之间建立联系及其实现物理理论的大统一提供了桥梁和纽带。在1850年左右,在物理理论的发展中提出了能量的概念,在焦耳、汤姆孙等人工作的基础上发展出了能量守恒定律,正是能量的概念建立了力、热、光、电、化学之间的相互联系和相互关系的基础。能量的重要地位来自它的不可毁灭性和可以转化性,且“运动着的物质的机械本体论是自然转化和能量守恒得以解释的基础。”正是力学解释纲领和能量解释框架的联合统一构成了经典物理学的基础。

物理理论是一个由概念、命题构成的统一的逻辑系统,若把物理理论比作一张网,则概念就是网上

的网结。概念在理论的形成、发展和完善的过程中具有不可或缺的重要作用。物理理论也是一种独特的语言系统,我们正是以物理理论为媒介才能达到更好地认识自然和改造自然的目的。康德认为范畴或概念是先天存在的,是固定不变的。爱因斯坦认为概念是人的思维自由发明出来的,且与经验资料有关。我认为既然语词是关于人的内在世界和外在世界中某种东西的简约表示,当然是人脑的一种发明、创造和约定。现代意义上的科学仅是人类文明进步到一定阶段的产物。因此关于科学的概念不再是一种完全“自由”的发明创造,而是这种发明创造受到当时文化传统的制约,是当时语言系统衍生的产物。日常生活中的语词为了表达和传递信息的经济性和方便性特点而具有多义性、模糊性的特性,语词的意义随着语言环境的不同而在不断地变化。现在知道物理理论是针对物理世界某一层某一部分的特定研究领域的。物理理论中的概念不管经历多

长的演绎路径最终都得反映该领域的本质属性,概念间的关系最终得反映经验资料之间的联系和关系。因此要求概念在特定的物理理论中应有准确性、明晰性和无歧义性,也就是要有确定的意义。此种概念的确定意义是在该理论的产生、发展和完善的过程中必然形成的。

综上所述,要有合适的物理理论体系,必须先得构造出合适的概念体系,该概念体系给我们构造出恰当的物理实在的图像,再结合数学的方法构造出逻辑上统一的物理理论体系,概念成为理论表述不可缺少的一部分,同时概念取得了明确的意义,也通过逻辑推理过程建立了理论体系同外在世界的关系,也就是建立了概念与经验资料间的关系。从而使物理理论成为卓有成效的认识世界和改造世界的工具。由此可见概念体系在物理理论的形成、发展和完善过程中具有基础的地位和极为重要的作用。

(上接第 60 页)

由 $H = v_0^2/2g \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gH} = 4m/s$

评析:此题主要用来考查考生掌握竖直上抛运动知识和重心上移的情况,考核考生把实际问题转化为物理模型并进行物理计算的能力。此题尽管较易,但很多考生易错,关键是重心上升的距离。

例 10(1994 年上海高考题)

跳绳是一种健身运动。设某运动员的质量为 50kg,他一分钟跳绳 180 次。假定在每次跳跃中,脚与地面的接触时间占跳跃一次所需的时间的 $2/5$,估测出该运动员跳绳时克服重力做功的平均功率。($g = 10m/s^2$)。

分析和解答:这是一道典型的与人实际生活相关的高考估算题。此题可简化为一个竖直上抛运动的模型,再由功和功率公式求得运动员跳绳时克服重力做功的平均功率。

由于跳一次的时间是 $t_0 = 1/3(s)$ 人跳离地面做竖直上抛运动,根据题意到最高点时间为 $t = 0.1(s)$ 此过程中克服重力做功, $W = mg(gt^2/2) = 25W$ 即跳绳时克服重力做功的平均功率 $\bar{P} = W/t_0 = 75W$ 。

评析:此题所述是人们的日常生活中的趣事,给考生一种亲近感。命题人巧借“跳绳”这一项目,考查考生能否利用物理知识来估算平均功率,以达到思维转换和知识迁移的目的。此题立意较新,与生

活实际结合紧密,是一道既考方法又考能力的试题。

通过对上述 5 种估算题的归类、分析、求解、评析,使我们深深感到:估算是人类解决实际问题的重要方法,灵活运用物理知识对具体问题进行合理估算是考生科学素质和学习潜能的重要体现。估算的过程需要人从感知的信息提炼出本质有效的信息,把复杂的实际过程简化和纯化为理想模型和理想过程,也是对知识全新整合的过程。因而,估算对培养学生思维的敏捷性、简洁性、开放性和严密性有着不可低估的作用。特别是在理科综合高考物理总复习过程中,加强对估算题型的训练,培养学生正确运用近似处理的思想方法,提高解决实际问题的能力,是十分必要和有益的,也是我们每一位物理教师所关注和提倡的。

封底照片说明

被人们誉为“轮椅上的爱因斯坦”的著名科学家史蒂夫·霍金认为,整个宇宙是由一个 4 维果壳形状的泡泡演化来的,而果壳上的褶皱(量子扰动)在演化过程中产生了今天宇宙的所有结构。“果壳中的宇宙”出自英国戏剧大师莎士比亚的名著《哈姆莱特》中剧中主人公哈姆莱特的一句台词:即使把他禁闭在果壳里,他也仍然是无限空间之王。

(李博文)