



科学知识所背负的历史包袱

德国卡尔斯鲁厄大学 弗莱德里希·赫尔曼教授

(上海理工大学 吴国玢译)

引言

当今世界的科学知识量迅猛增长,但理科教师们所能支配的教学时间却基本上仍旧保持不变。为了将当代科学的精义概要地传授给新一代学子,我们必须以某种适当的方式对科学知识重新进行梳理。以往,人们通常使用专业化即细分学科的方法来解决这个问题。在使用这种方法时,学生在粗浅地学习物理学的一般概念之后,再加深入学习某一物理学分支学科。然而,实际上还另有一种应对知识量急剧增长的方法,那就是对它进行简化。作者将在下文中表述这样一种观点,即我们在简化现有的科学知识方面确实拥有巨大的潜力。

科学知识的演化

为了阐明本人的观点,我想把科学知识的增长与生物系统的进化作一比较。在生物系统中,信息代代相传,科学知识亦复如此。每一位理科教师首先自己要获得科学知识,然后才能将其传授给年轻一代。然而,知识的传授不可能一成不变,因为科学研究不断产生出新成果,而教师们总是希望将这些新成果介绍给自己的学生。诚然,在科学知识传递的过程中有时也会引入一些差错。在总体上,知识传授过程中的变化可以与遗传学中的基因突变相比拟。

一般说来,教师在教学中所作的改变和改进只涉及他(她)所教的分支专业,而学科的总体结构却仍会一成不变地被传授给学生。这样,基本知识就难以随着科学的不断发展趋势而与时俱进。其结果是,人们会认为新知识在本质上仍从属于旧知识,因而不会对旧知识的核心内容提出质疑。与此类似的现象在进化论中称为延长(prolongation)。不过,这种“延长”却会使较为重大的科学知识整体结构的重组变得越来越困难,并使其变革的推动力变得越来越微弱。换言之,知识体系越复杂,人们对它的看法就越趋于保守。由于这个原因,科学知识的结构本身竟然会在相当精确的程度上反映出其历史发展的过程。这种状况不免会使人想起每位生物专业学生都必须学习的一条规律:E·海克尔的生物发生律或重演律。根据这个规律,生物个体发育过程重演种族(体系)发生的历史。

由此可见,在科学知识的基本结构中,可能会将其发展过程中所产生的种种迂回曲折,甚至错误保留下来。仔细思考一下现行的物理教学大纲就可以了解到不少有关物理学发展的历史。夸张些说,人们甚至能够按此对物理学发展的古代史进行一点研究。这就意味着,

每位学生都必须重复学习物理学的历史发展过程。学生的学习过程都按照一种同样的模式进行,即把科学发展过程当成一个整体来学习,而且经常涉及许多具体细节。

在科学发展与生物系统进化之间所做的这一类比表明,科学的发展趋于越来越僵硬或缺乏灵活性实际上是一个不可避免的过程。它也说明了科学为什么会不必要地变得如此复杂和累赘。应当指出,当我提及目前科学正处于一种不良状态时,我绝无贬低前辈科学家们卓越贡献的意思。为促进科学发展而孜孜不倦地努力的各个时代科学家们做了他们那个时代应该做的正确事情。这正如远古时代的生物化石曾发挥过重要作用一样,科学的许多组成部分尽管如今可能被认为是多余的或欠妥的,但它们在以往曾经起过不可或缺的重大作用。

人们也许会提这样的问题:沿着科学发展的历史轨迹学习科学知识难道不是最自然、最有效率的方法吗?根据认知心理学的观点,科学界原先所遵循的发展途径难道不是当今学子们最顺畅的学习之路吗?我们的回答十分清楚,那就是“不”。有无数例子可以告诉我们,一些现在看起来非常简单的事实只是在经历许多坎坷(即复杂的中间环节)之后才得以发现。只不过到了最后人们才意识到其实存在着一条方便得多的捷径。

多年来,我们一直在系统地从物理教学大纲中寻找那些现在应当可以视之为历史包袱的,即过时的,多余的或提法不恰当的概念或题目。我们已经将此类过时的物理概念列成一张长长的清单,而这张单子的长度还在继续增加。

为了找出那些过时的概念,我们不得不采取某种可能被误认为是失敬的态度。如果用因循守旧和惯性的眼光来看问题,那么这种做法确实有失敬之嫌。然而,在那些率先创建新概念的科学家们所取得的成就面前,它就决不是一种失敬。

当你一旦将视线紧盯住物理学中那些过时概念的时候,你会发现这样的概念似乎在变得越来越多。起先我们并未料到会有如此之多。我们当时为一所德国学校主办的科学评论期刊编写一个专栏。在每篇专栏文章中我们提出一个新的过时概念。每个月发表一篇。一开始我们以为至多只能写出10至20篇这样的文章。然而至今已累计发表了102篇之多,而且其数量还在继续不断地增加。这些文章采用统一的格式或具有相同的结构。下面让我们先来对这种结构作一说明。

首先,我们要引入题目。其次,叙述我们认为这个题目当中存在着的某些缺陷,即那些不恰当的或已经过时的概念。接着,扼要地说明这个题目是如何产生的,以及它以往曾经发挥过些什么样的积极作用,也就是该题目的由来。最后,我们提出解决所存在问题的建议,即处理的方法。以上提及的文章中有一部分已译成英语,读者可从我们的网站上下载。现在让我们举几个例子。

实 例

(1) 超距作用

题目:力学教学通常从牛顿力学开始,也就是以牛顿的力学观为基础。牛顿力学观的基本特点之一是:客观世界中存在着超距作用。在我们的教学中对于超距作用的表述形式往

往可能是直接告诉学生：“物体 A 对物体 B 施加一个力”，而并不提及 A 和 B 所构成的系统在二者相互作用过程中所起的媒介作用。

缺陷：由于最早的场论即麦克斯韦理论所获得的巨大成功，我们深信超距作用并不是力学相互作用的一种合适的模型。换言之，它已经过时。

由来：尽管牛顿本人也并不喜欢超距作用的观念，但当时建立一种定域场论的时机尚未成熟。

处理：用动量流的概念来描述力学现象。

(2) 牛顿定律

题目：牛顿三大力学定律

缺陷：从现代物理学的观点来看，这三条定律合起来也不过是动量守恒原理的一种表述而已。其中，牛顿第一和第三定律其实只是动量守恒在两种特殊情况下的表述。所有这些若用动量流的概念来表述，就会立即变得特别简单明了。实际上，当我们把力视为动量流（强度）的同义词，即把力这个词换成动量流时，就能对牛顿三定律的真实含义看得更明白：

1. 只要没有任何动量流入或流出物体，那么该物体的动量 p 就保持恒定不变。
2. 物体动量的变化率 dp/dt 等于流入该物体的动量的变化率，即动量流（强度） $F=dp/dt$ 。
3. 每当有动量在 A 和 B 两个物体之间流动时，流入物体 A 的动量流 F_A 总是等于流出物体 B 的动量流 F_B 。

相比之下，用从前那种较为复杂的方式来表述动量守恒原理非但做不到清晰易懂，反而可能使人感到模糊费解。事实上，从来没有人曾经采用过类似的方式去解释电荷守恒原理。

由来：牛顿的三条定律看上去似乎各自独立，这是因为它们当初属于一个复杂的定义和观测体系中的一个部分。当然，牛顿当时也未能将动量守恒原理置于他的力学理论的起点。

处理：从一开始就引入动量守恒的概念。这样，牛顿定律的全部内容就会变得顺理成章。

(3) 能量形式

题目：能量以各种不同的形式出现，包括动能和势能，电能和化学能，热能，功，以及许多其它形式。

缺陷：尽管人们普遍地谈论着各种能量形式，然而当他们不得不去定义这些形式的时候却经常会遇到麻烦。人们也往往不能合理地去区分储藏起来的能量和流动着的能量的各种分类方法。许多物理学家还无法解释清楚为什么像能量以热量的形式储藏这样的提法在物理学上是不正确的。请问，在一个氧分子所具有的能量中，你能说得清楚哪一部分是机械能、热能、化学能、电能、磁能，哪一部分是动能或是势能吗？哪些部分是有序的能量，哪些部分又是无序的能量呢？其实，从形式上去区分能量是完全不必要的。区分能量的形式有点像区分水的不同形式：地下水、雨水、海水、凝结水、饮用水、自来水、热水、矿泉水，以及废水等。水的这些分类或不同形式并不表明水本身有任何不同。它们透露给我们的不过是有关水的一些附加信息：水来自何处，它有何用途，它以何种方式输送，以及它含有何种添加剂，等等。能量的情况与此完全相同。使得能量被称作动能的原因并非能量本身有何特殊，而是因为伴随着或携带着该能量的是动量；被称作热能的能量也不是由于它与其他能量有什

么两样,而是因为伴随着或携带着该能量的是热量(熵)。容易看出,这里所产生的差错实质上就是把那些本来属于动量、熵或其它物理量的性质误认为是能量的属性。

由来:19世纪中叶,当人们将能量的概念引入物理学时,使用能量形式这种说法实际上是不可避免的。不过这个新的物理量有一个奇怪的性质,那就是它根本没有性质。事实上,那时人们完全不知道有哪一种性质可以用来识别与特定的系统无关的能量含量。人们也不知道是否存在一种可以用来测量系统内的能量含量的通用方法。创建一个新的物理量能量在当时是一项巨大的成就,因此人们把它说成是一个能够以不同形式出现的物理量是一件很自然的事。其结果是,某些装置或机器被赋予能量转换器或能量变换器之类的名称。不过,这种状况只持续了大约半个世纪的时间。1905年,由于狭义相对论的问世,人们开始明白能量其实并非如它之前所显现的那样神秘莫测。由于能量和质量其实只不过是同一物理量的两种不同的名称,所以它们应当具有相同的性质:重量和惯性。由此可见,至少在原理上,能量总是能够采用与质量相同的方式加以识别并进行测量。

处理:最好的解决办法是彻底放弃能量形式这种说法。在刚开始时,你可能难以做到这一点,但你将很快会习惯于此,而且会感到十分得心应手。

结 论

作者试图在这里说明的是,现行物理教学大纲中被认为是最重要和必不可少的大部分内容其实并非真的如此;它们之所以被这样认为只不过是历史原因所造成的。

作者深知有的读者可能并不认同前面所举例子中某些关于过时概念的观点。然而,本文的主要目的并不是要使每位读者都相信文中的每个例子都已构建成一种道地的新概念。作者的意图是想要指出,陈旧或过时的物理概念的确存在,而且人们还习惯于把它们视为最基础知识的一部分。此外,作者还想鼓励读者自己去寻找此类概念,并引发一场讨论,以有益于大家达成新的共识。作者认为,这样的讨论一定会相当精彩而且颇具价值,有利于促进物理学的发展和物理教学的改进。