

# 类比方法在物理学研究中的作用及其局限性

许可 郭继华

(清化大学 北京 100084)

## 类比的概念

物理学发展中的大量事实表明: 类比是一种极其重要的研究方法, 很多定律公式都是通过类比方法得到的。那么, 什么是类比? 金岳霖在《形式逻辑》中说, 类比法就是在观察到两个或两类事物在许多属性上都相同时, 便推出它们在其他属性上也相同。其思路是:

已知  $A$  与  $B$  有共同的属性  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ ,

并且已知  $A$  有属性  $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ ,

由此推出  $B$  也具有属性  $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ 。

这一诠释稍嫌狭隘, 事实上在物理学的发展过程中, 很重要的一种类比还应包括数学形式的类比, 即根据两个体系一部分性质的相似性推出它们所适用公式的相似性。

## 类比的重要性

在历史上, 人们很早就认识到了类比思想的重要性, 这一重要性其实很大程度上来源于一种哲学思想, 即承认自然的本质是和谐的。也就是说正是自然的相似性决定了我们描述自然规律的相似性。

在这一方法论的指引下, 当新的实验现象出现时, 人们总会自觉不自觉地用类比的方法来加以解释。当一个新理论背离类比思想时, 甚至连提出者本人都会感到难以接受, 一定会不遗余力地加以补救。开普勒在提出星体运行的等面积定律(开普勒第二定律)时, 发现按当时盛行的亚里士多德“趋动力正比于运动速度”的学说, 该定律成立需要一个引力与距离成反比的前提, 即  $f \propto 1/r$ ; 而人们早就知道光强同离开光源的距离的平方成反比, 则若将引力与光强进行类比, 太阳发出的对行星的“驱动力”也同样应当反比于离开太阳的距离的平方, 即  $f \propto 1/r^2$ 。为了解决这一“类比危机”, 开普勒不得不很牵强地给出了一个解释: 行星的运行是限制在一个平面内的, 因此引力的强度和它跨越的距离成反比, 而光如果只在一个平面内传播也会有同样效果, 从而满足了“类比”思想。引力与光强的分布规律其实

不能算有必然的相同性, 亚里士多德错误的“趋动力正比于运动速度”学说则更是使得类比几乎不可能进行; 但即便如此, 开普勒仍要挖空心思地去“拼凑”出一个符合类比思想的解释, 类比思想的影响之深可见一斑。

类比思想是如此地深入人心, 以至于往往会直接指引新理论体系的建立。以库仑定律的发现为例: 从历史记载来看, 库仑的实验本身是很粗糙的, 对实验数据更“合理”的描述似乎应当是  $F \propto 1/r^c$ , 其中  $r$  为带电物体间的距离,  $F$  为作用力,  $c$  则是一个在 2 附近的常数, 根据实验的精度可以给出测得的  $c$  的上下限。但库仑却直接给出了平方反比定律, 并将实验结果同平方反比律的很可观的偏离归因于漏电。不言而喻, 库仑正是通过与万有引力定律及光强分布定律的类比, 事先就有平方反比定律成竹在胸的。

在实验中, 数据误差的存在是不可避免的, 这就导致对同样的实验数据可以有不同的解释。此种情况下, 那些能与以前已有的知识相类比的解释更容易为人们所接受, 这也正是库仑的实验虽然粗糙, 但发表后很快就得到了社会的承认的原因。与之相反, 普朗克 1900 年提出的黑体辐射公式虽然对精确的实验数据符合得很好, 却正是由于其中所包含的能量量子化理论在已有知识体系中找不到合适的类比而被认为是脱离了实际, 遭到长期搁置。连普朗克本人也犹豫不决, 花了 10 多年的时间希望回到经典力学的概念。设想如果现在有人突然提出“时间是离散的”的理论的话, 只要理由足够充分, 就肯定会比当时普朗克的能量量子化理论容易被接受得多了; 这是因为在现有知识体系中人们已经发现了很多以前认为连续的物理量实际上都是离散的、量子化的, 如能量、动量、角动量等等, 因此从类比的角度出发, 新发现时间的离散性也算不得那么不可思议了。

## 类比的局限性

在物理学的发展中, 类比方法起到了如此大的作用, 但类比思想是不是真的那么好用呢? 并非如

此。深入一步的研究不难发现：类比思想有其自身难以克服的局限性。

首先，事物间的差异性导致由类比推出的结论的或然性很大。类比毕竟是不同事物之间的比较，加以比较的事物之间可能存在着较多的相似性，但也必然存在着相当的差异性。如果只承认相似性而否认差异性，两个事物就变成了不可区分的“同一个事物”，类比也就失去了意义。而既然承认差异性的存在，单凭一部分的相似性就不能保证其余部分的相似性，这导致由类比推出的结论的或然性很大。

卢瑟福曾通过 $\alpha$ 粒子的散射实验给出了原子的行星模型，即用行星围绕太阳的运动来类比电子围绕原子核的运动。卢瑟福利用两个体系在几何学上的相似性推出了其运行模式的相似性，但后来的实践和理论都证明这一模型是错的：电子的运行根本没有确定的“轨道”，因此原子结构不可能用简单的机械模型来类比，类比法在这里是失败的。

我国古代有一个笑话，说有一个盲人问别人太阳是什么样子，别人告诉他太阳像一个圆盘，他就找了个铜盘并以掌击之，铜盘发出“当当”的声音，他还以为这就是太阳的性质。不重视差异性的类比所引出的荒谬结论在这个故事中体现得淋漓尽致。

其次，过分强调类比的作用有可能导致科学研究中的主观性和先验性。如果一个人顽固地死守“类比”的方法，看问题时就难免会戴着有色眼镜，工作中则表现为对实验结果不重视，处理数据时硬要往自己按“类比”方法事先得到的结论上靠；然后要么仅凭少量实验事实，要么根本不顾实验事实妄下结论。这样的研究方法是要不得的，说得轻一些是科学作风不佳；说得重一些，极端情况下会使研究陷入唯心主义的泥淖。

古希腊的毕达哥拉斯学派认为“10”是最完美的数字，由此就立刻类比出天体必然有十个，于是人为地安排了一个人们永远看不见的“对地星”；为保证“星球的和谐”，他们又硬将天体间的距离与音阶之间的音程进行类比。柏拉图根据宇宙和人，即大宇宙和小宇宙的异想天开的类比，竟然推演出了一整套关于宇宙的性质和结构的见解。这些滥用类比的唯心的“研究”哪里还是科学！

在有些情况下，类比方法还会遭到一些别有用心的人的滥用，以宣扬伪科学乃至反科学。例如有人由“宇宙像钟表一样和谐”及“钟表有制造者”类比出“宇宙也有一个创造者”，从而“证明”上帝的存在。

这样的论证是无力的而不堪一击的，实际上是在回避严肃的理性讨论。

培根曾一再告诫后人在使用归纳方法时一定要小心谨慎，不要给智慧的思想加上翅膀，宁可加上石头。其实对类比来说也是这样，滥用类比对科学的发展决不是好事。

最后，类比方法只能得到与已有知识相似的知识，科学发展如果全靠类比，就可能阻碍新思想的出现。类比的特点是借鉴以前的经验，这就决定了在类比过程中不可能出现全新的思想；过分依赖类比可能会导致科学研究故步自封，难以打破前人的条条框框，最终阻碍科学的进步。

德布罗意将分析力学中的作用量同波动光学中波的相位相类比，提出了粒子波动性概念。但分析力学在本质上仍是经典力学，德布罗意按分析力学中最小作用量原理的类比很自然地得出了波函数是一个引导波的结论，在这种情况下物质波描述的是粒子的运动轨迹。但实践证明德布罗意的结论是错的，后来玻恩给出全新的“几率波”概念，才解释了物质波的真正意义。可见，科学的发展不能完全依赖类比，全新的概念和思想是很必要的。

综上所述，在物理学的探索中，类比是很重要的研究方法，但不能放任自流地滥用。一方面要认真分析在当前研究中是否具备运用类比方法的客观条件，是否必要；另一方面，在应用类比方法时应当认真分析事物的相似性和差异性，特别是要敢于承认差异性。

19世纪初，干涉实验等大量实验现象表明光的传播方式与声音的传播方式十分相似，二者的类比条件成熟。因此托马斯·扬开始时支持与声波类比而得出的光的纵波波动理论。后来的研究发现，纵波理论难以解释光的偏振现象。此种情况下，托马斯·扬既没有死守与声波的类比不放，也没有全盘否定这一理论，而是通过考察光波与声波可能存在的差异性将纵波理论改为横波理论，取得了成功。这是正确应用了类比方法的典范。

