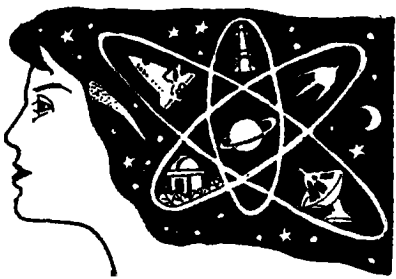


# 漫谈物理中的类比思维

孙枝莲



## 一、类比思维的概念及心理机制

类比思维是根据两个(或两类)对象在某些属性上相似而推出其在另一些属性上也可能相似的一种思维形式。其具体过程是:通过对两个不同的对象进行比较,找出其相似点,然后以此为依据,把其中某一对象的有关知识或结论推移到另一对象中去。由此可见,运用类比思维有三个要素:一是要有本象(即类比思维中包含有待进一步认识的对象);二是类象(进行类比的对象);三是本象与类象之间具有某些相似点。有了这三个基本要素后,再将类象具有而本象是否具有未知属性或关系作为思维的出发点进行思考,对相似关系进一步引申或重新构造,最后推出本象也可能具有类似的属性或关系。类比思维是一种创造性的思维形式,其过程是抽象思维、形象思维和直觉思维的辩证统一过程。因此,研究类比思维对于全面训练学生的思维能力、培养学生的创造力具有重要意义。

## 二、类比思维在物理学史上的成功应用

物理学家最常用的一种思维方法就是类比法。正如康德所说:“每当理智缺乏可靠论证的思路时,类比这个方法往往能指引我们前进。”历史上的很多重大物理学发现、发明发端于类比,归纳起来大致有三个方面:一是运用类比提出科学假说。类比思维是借助两个事物之间的相似性,通过比较,将一种已经掌握的特殊对象的知识推移到另一种新的特殊对象上去。这说明类比方法既借助已有知识,又超越其框架,使两个看似不相干的事物联系起来,进而产生新的信息、提出新的假说。例如,托马斯·杨提出的

光的波动说,是将光现象与声波、水波进行类比提出的;狄拉克著名的“正电子”假说,是根据物质的对称关系提出的;卢瑟福原子结构的“太阳系模型”假说,是将原子与太阳系类比提出的。二是运用类比方法阐述和证明假说。在科学发展史上,由类

比方法得出的结论,可以作为科学家证明事实或规律的证据。如伽利略宣传哥白尼的日心说时,将自己发现的“木星-卫星”系统做类比,证明各种行星围绕太阳运转的可能性;奥地利物理学家薛定谔将类比法和数学方法相结合,从哈密顿的分析力学中悟出经典力学与几何光学类似的思想,由此推导出薛定谔方程,创立了波动力学。三是运用类比法直接得出定律或规律,如库仑定律的确立。在库仑定律确立之前,人们已经发现带电金属空腔对腔内电荷无作用力,有人将这一现象与质量均匀分布的球壳对壳内质点无作用力这一现象类比,猜测电力与万有引力相似,与距离的平方成反比。正是基于这一猜测,卡文迪许、麦克斯韦建立了精确检验电场力与距离平方成反比的理论,并设计了相应的实验进行测量。他们的方法一直沿用至今,使表述电场力与距离平方成反比的库仑定律成为当今最精确的实验定律之一。

## 三、类比思维在物理教学中的应用

类比法,虽然是一种非逻辑思维方法,但却是最富有创造性的。通过类比,无论异同,都可以借助已知的熟悉对象达到对未知生疏对象的某种理解和启发,起到由此及彼、触类旁通的作用。类比虽然不是逻辑论证,但可为新内容的阐述提供依托和支持,对

中冲去了这种教条式的信念,当我还是一个学生的时候,这本书正是在这方面对我产生了深刻的影响”。他认为“广义相对论的思想的整个方向是同马赫的思想一致的”,因此称马赫为“相对论的先驱”。

马赫不迷信权威,以惊人的勇气冲破旧有观念的束缚,以睿智的目光审视经典理论,以大无畏的气魄对经典理论发起了攻击。他的独到见解和深邃思

维,启迪后来者重新审视物理学的旧有基础,从而拉开了近代物理学革命的序幕,其批判性思想是对物理学革命性变革的重要启蒙和推动。爱因斯坦指出:“马赫的真正伟大,在于他的坚不可摧的怀疑态度和独立性”。这正是对马赫的最好评价。

(新乡市河南师范大学物理与信息工程学院 453000)

十分陌生的东西很快“似曾相识”，特别是对新遇到的某些难以说明的关系，一个恰当的类比往往能使人很快进入柳暗花明的境地，这就是教育心理学中所说的先行组织体，它是学生原有知识与新知识之间的一座桥梁，能使新知识顺利地组织到学生的认知结构中去。类比尽管不能代替论证，但可以为理解知识、概念和规律提供依托。运用类比方法进行教学有助于学生学习新知识，发展学生的思维能力。因此，类比法在物理教学中有着广泛应用。

**运用类比进行概念、规律教学** 概念与规律是构成物理学大厦的基石，因此，搞好概念与规律教学就成为物理教学的重点。在教学中采用类比的方法，能使学生把已有知识和生活经验迁移到所学的内容上，令生疏的概念与大脑中原有知识发生同化，达到降低思维梯度的目的。如在讲电容的物理意义时，电容在数值上等于使电容器两极间的电势差为1伏时电容器需要带的电量，这个电量值大、电容器的电容值就大。我们用两个装水容器来类比，使容器中的水为1厘米高时，截面积大的容器需要的水多，电容类似于容器的截面积，截面积大的容量就大，从而说明电容是表示电容器容纳电荷本领的物理量。这样的类比降低了思维梯度，通俗易懂。

**运用类比定义新的物理量** 物理量按国际单位制可分为基本量和导出量。学生对基本量比较容易接受，而绝大多数导出量则需用一定的数学知识导出，这对抽象思维能力不强的学生来说，是个难点。因此，导出量大多采用比值定义法。比值定义的导出量有两个特点：一是在一般情况下，其大小均由被描述的物质本身的某些属性所决定，而与量度它的量无关。如物质的密度 $\rho$ 只由物质的种类决定，与量度它的质量 $m$ 和体积 $v$ 无关。二是用比值法定义的物理量，它的定义式只是它的量度式而不是其决定式，如 $R = U/I$ 中的电阻 $R$ ，在恒温下，不论测量电阻时所加的电压值如何变化，比值 $U/I$ 均相同，电阻 $R$ 不依赖于 $U$ 的选取，其大小由导体材料本身的性质、长度与横截面积决定，正是因 $U$ 与 $I$ 有相应的正比关系，才使得比值 $U/I$ 能反映导体的这一电学性质。在教学中把 $R = U/I$ 与数学中的正比关系进行类比，并重点指出两者的区别，为以后的解题打好基础。教学中重视用类比的方法定义物理量，把处理这类问题的思维方法有意识地传授给学生，可加强学生对物理量内涵和外延的理解与把握。

运用类比对物理知识进行网络化 任何一门学科内的知识总是相互联系、相互依存的，物理知识也不例外。有些高深的物理知识有时可以体现在简单浅显的物理问题中，在简单和复杂之间表现出某些共性；有些截然不同的物理问题在某些方面却存在着共性和类似，在很多情况下，这些共性或类似之处正体现了一类物理对象的本质和核心，运用类比法抓住这些类似之处进行深入比较、分析和研究，可以达到融会贯通和综合掌握的效果。在中学物理中，许多公式之间虽然本质内涵不同，但是又存在内在联系，教学中既要重视公式内涵本身，又要注意不同公式之间的联系，采取找联系、抓类比的教学方法，可使学生区别异同，深化对公式的理解。如在高三物理复习时，应不失时机地引导学生对不同时期所学的知识进行恰当的类比，在不同的知识中寻找共同点。抓住知识系统中同类要素的联系，把所学知识由点变线、由线成面、形成网络，实现知识迁移，完善学生知识结构，从而获得扎实牢固的新知识，潜移默化地使学生的思维向深层次发展，培养学生的归纳、概括能力和思维的深刻性。

**运用类比提高解题能力** 物理解题中，当面临一个比较生疏或者一个比较难以解决的复杂问题时，往往设法寻找一个比原问题简单或熟悉的类似问题作为类比对象，这个简单或熟悉问题的解决方法往往能给那个复杂或生疏问题的解决以有益的启示。有时原问题的解题途径和方法与类比对象的解题途径和方法有某些类似，有时类比对象的解题途径和方法会提供一种解决类似问题的基本模式或大体程序。因此，通过类比对象的解题途径和方法的分析研究，往往能获得原问题的解题途径和方法。在物理教学过程中，我们有必要向学生介绍类比法，并通过一定的解题训练，使他们掌握这种方法，以达到培养学生能力的目的。

#### 四、类比思维的局限性

类比有助于创造性地解决问题，但是由类比法推导的结论往往带有一定的局限性。类比只“钟情”于那些知识广博、联想丰富、直觉敏锐的学习者。这是因为进行类比的两个对象既有相似、又有差异，正是这种差异限制了类比的范畴。再者，类比不同于逻辑推理，其本质是猜想或推测，提供的只是可能性，因而类比不能代替理论分析和实验研究。尤应注意的是：不同事物间某些关系的类似，往往是形式

# 诺贝尔物理学奖获得者中的父子

韦中

诺贝尔物理学奖是诺贝尔奖最初设立的五大奖项之一。自1901年12月10日颁发第一届诺贝尔物理学奖以来,100多年中已有160多位物理学家获此殊荣。有趣的是,获奖者中竟有好几对父子。

## 共享一届诺贝尔物理学奖的父子

在这些获奖父子中,有一对是因为同一课题而共享殊荣的。他们就是英国的亨利·布拉格(Sir William Henry Bragg, 1862~1942)和他的儿子劳伦斯·布拉格(Sir William Lawrence Bragg, 1890~1971),因创立极其重要的科学分支——X射线晶体结构分析,而分享1915年的诺贝尔物理学奖。

亨利·布拉格,1862年7月3日出生在坎伯兰的威斯特瓦。1881年成为剑桥大学三一学院的进修生,主攻数学。1885年以优异成绩通过数学毕业考试。这一年,亨利·布拉格有一段时间在卡文迪什实验室学习物理学,并于年底被选为南澳大利亚阿德莱德大学的数学物理教授,后来相继担任利兹大学的卡文迪什物理学教授、伦敦大学学院的奎恩讲席物理学教授、皇家研究所的弗莱林化学教授。一战期间,亨利·布拉格主要研究与潜水艇有关的水下声音探测,并取得佳绩。1923年,亨利·布拉格任戴维-法拉第实验室主任。他从1907年开始就一直是皇家学会会员,并于1935年被选为皇家学会主席。亨利·布拉格一生获得16所大学的名誉博士学位,此外还有很多奖章和奖金,其中最著名的是1916年获得的伦福德奖章和1930年英国首相授予的柯普利奖章。亨利·布拉格一生成就卓著,于1942年3月10日逝世。

劳伦斯·布拉格,1890年3月10日出生于南澳

大利亚阿德莱德,早年在出生地的圣彼得学院完成学业后,进入阿德莱德大学学习。1908年以优异成绩获得数学学位。1909年随父亲来到英国后,考取艾伦奖学金进入剑桥大学三一学院,并在1912年的自然科学考试中获得优异成绩。就在这一年的秋天,他开始研究X射线衍射现象,并于11月在《剑桥哲学学会学报》上发表了关于这个课题的第一篇论文。1912~1914年,他和父亲一起工作,其研究成果在1915年以摘要形式发表,题为《X射线和晶体结构》。1919年任曼彻斯特大学荣誉物理学教授,直至1937年。1921年他被选为英国皇家学会会员,1938~1953年任剑桥大学卡文迪什实验室的实验物理学教授,1958~1960年任频率顾问委员会主席,1971年7月1日病逝于英国。他和父亲一样,也获得了很多荣誉博士学位,同时还是包括中国在内的许多国家的名誉院士。劳伦斯·布拉格1915年获得诺贝尔物理学奖时,刚刚25岁,他也因此成为历史上最年轻的诺贝尔物理学奖获得者。

在X射线衍射的研究工作中,劳伦斯·布拉格获得了重要的理论成果,而其父亨利·布拉格则亲自动手做实验,把儿子的理论成果付诸实践。父亲善于动手,儿子善于动脑,两人珠联璧合、相得益彰。

## 与原子结下不解之缘的父子

因《原子结构和原子光谱》获1922年诺贝尔物理学奖的尼尔斯·玻尔(Niels Bohr, 1885~1962)和因《原子核理论》获1975年诺贝尔物理学奖的阿格·玻尔(Aage Bohr, 1922~),则是一对与原子结下不解之缘的父子。

尼尔斯·玻尔,1885年10月7日生于哥本哈

的、局部的、有条件的,不能把这种类似理解为刻板的一一对应,不能以原有知识简单地诠释类比,不能随意推广。如牛顿把光看成微粒流,用一种纯力学过程来类比光的折射,得到的却是错误的结论。惠更斯的光波动说没有战胜牛顿的微粒说,其中一个重要原因就是他在应用类比法时没有充分注意到光与声的不同点,他走得太远了,以致使自己陷入困境。

综上所述,类比法在教学方面确实具有严格逻

辑推理难以取代的功效。但在使用类比法时,要注意各种不同事物之间的差异和区别,在引进新概念、新规律时,应当进一步把它们的本质讲清楚。只有这样,才能使學生更好地理解所学习的内容,启发学生的思维和加深其对学习内容的理解,在教学中起到举一反三的效果。

(临汾市山西师范大学物理与信息工程学院 041004)