

doi:10.13582/j.cnki.1674-5884.2016.08.024

生活化类比在物理教学实践中的应用举例

夏辉

(中国矿业大学 物理系,江苏 徐州 221116)

摘要:类比法是物理学研究和教学中的重要思维方法。在大学物理教学实践中应用生活化类比,能增加学生对抽象概念的理解和学习兴趣,从而达到提高物理教学效果的目的。

关键词:生活化类比;大学物理;教学实践

中图分类号:G642.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-5884(2016)08-0074-04

类比方法是科学思维的一种重要逻辑推理方法,也是科学探索和认识过程中的一种重要方法,其基本思想是:在存异处中寻求相似点,从中发现规律性的东西;在相似处中寻求相异点,从中找出各个事物和规律的特征^[1]。类比方法是立足在已有知识的基础上,为进一步认识陌生事物的一种有效的捷径,它的价值历来为国内外许多著名学者所称道。比如,德国天文学家开普勒曾说过:“我珍视类比胜于任何别的东西,它是最可信赖的老师,它能揭示自然的秘密。”而同为德国的思想家康德说得更发人深思:“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。”类比法能启发和开拓人们认识世界的思维,能给人们提供解决问题的线索,因而人们在科学知识的学习和研究过程中广泛的应用这种方法。

1 类比方法在物理学发展和物理教学中的作用

类比方法在物理研究和物理教学中的重要作用也是毋庸置疑的,因为这种推理方法极具创造性、启发性、灵活性。由于自然界的物质和过程表现为现象相似、结构相似、形态相似、性质相似等,这些相似性为类比方法的应用提供了客观依据^[2]。掌握好该方法有助于未知物理问题的探索和研究,而且可以扩展人们对物理研究的视野和领域,对物理本质和规律的认识更加深刻。而在物理教学中运用类比方法,借助于学生已有的物理知识,启发学生的思路,来学习和认识未知的物理世界,达到触类旁通、举一反三的目的,从而培养和发展学生的想象空间和思维能力,提高学生对物理学习和探索的积极性。所以,类比方法得到了广大物理科研和教育工作者的认同和青睐,并得到了广泛的应用和实践。

事实上,在物理学的发展过程中,类比法就起到了重要作用^[3]。比如,从物理概念的建立,到物理定律的发现,以及很多物理基础理论的创立和发展都离不开类比方法。物理学史上比较经典的类比实例比比皆是,如读者比较熟悉的行星模型与原子模型的对比。著名的实验物理学家卢瑟福对原子模型曾经有过这样的描述:“原子的全部正电荷集中在原子中心的一个非常小的区域内,电子则象行星一样围绕着原子核作椭圆运动”。由微小的原子联想到巨大的太阳系,太阳系中行星围绕太阳旋转,那么原子中的核外电子也可能象行星一样围绕着原子核旋转,经过类比思维,提出了行星原子模型。爱因斯坦

收稿日期:20160407

基金项目:教育部高等学校物理学类专业教学指导委员会计算物理课程教学研究项目(JZW-15-JW-01);中国矿业大学教育教学改革与建设课题项目(2014YB37)

作者简介:夏辉(1976-),男,河南永城人,教授,博士,主要从事非平衡统计物理、非线性动力学的理论研究以及大学物理、计算物理的教学研究。

在光电效应的研究中,受到量子论的奠基人,德国物理学家普朗克的能量量子化概念的启发,类比电磁波与基本粒子的行为,提出了光子概念。再比如物质波假说的建立也是彰显类比方法巨大威力的典型代表,在物理学发展史上留下了传奇色彩的一笔。1924年法国物理学家德布罗意在普朗克的量子化假说,以及爱因斯坦的光具有波粒二象性这些前瞻性思想的启发下,结合自己所认识到的X射线时而像波、时而像粒子的独特性质,大胆设想是否实物粒子(如电子)也同样具有波动性呢?德布罗意曾经做过如下描述:“如果光的性质是这样的(波粒二象性),那么我们为什么不可以假定,这种情况也同时适用于物质?我们是否能得出这样的结论,即正如光子不能同自己的波分开一样,物质粒子也永远同自己的波不可分?”在此想法的基础上,德布罗意运用类比方法进一步发展了他的假说:既然实物粒子和光都具有波粒二象性,那么光波波长的计算公式也应该适用于实物粒子波长的计算。根据这一推测,德布罗意预言,对于一个中等速度的电子波长与X射线的波长应该属于同一数量级,并提出了用电子在晶体上做衍射实验的设想。这个电子衍射的预言于1927年被美国物理学家戴维森、革末,以及1928年英国物理学家汤姆逊也相继通过实验得到证实,德布罗意也于1929年因物质波假说获得了诺贝尔物理学奖。

同样地,类比方法也贯穿于整个物理教学过程中。在具体的物理教学中,除了以上涉及到的行星模型与原子模型类比,光的波粒二象性与物质的波粒二象性类比之外,物理教育工作者也常将电磁学体系与力学体系类比,描述物体的平动的物理量与运动规律与描述转动的物理量以及规律之间的类比,库仑定律与万有引力定律类比,电势能与重力势能之间的类比,等等,本文不再一一赘述。总之,在物理教学过程中,应用类比方法不仅能使物理概念清晰易懂,还可以培养学生的基本科学素养。

以上所涉及到的类比方法都是经典例子,在中学和大学阶段的物理课程的学习过程中,均已成为“老生常谈”的类比实例,不再能引起大多数学生的兴趣。笔者在多年来大学物理教学实践过程中发现,若能将学生比较陌生、抽象的物理概念和原理与其熟悉的日常生活中的常见的人、事、物之间能进行巧妙类比的话,则会起到意想不到的效果,使物理教学生动、活泼,起到增强学生听课兴趣、提高学习效率的效果,从而达到预期的教学目的。

2 生活化类比在物理教学过程中的应用举例

笔者结合自身在大学物理教学实践的心得体会,生活化地探讨一些浅显而又生动的实例,诠释类比方法在工科大学物理中的应用,希望能对从事物理教育的同行们起到抛砖引玉的效果。

2.1 PN结的生活化类比

对霍尔效应现象的描述以及霍尔电势差的推导都是让学生比较容易理解和接受的,但是当涉及到P型半导体和N型半导体,以及PN结的单向导电性时,大多数同学还是比较迷惑的。为此笔者根据一个典型的社会问题做类比,就能很好地解释上述的困扰,而且也活跃了课堂气氛。笔者的描述思路是:首先对半导体向学生做个简单的介绍,所谓的P型半导体和N型半导体是指在纯净半导体晶体点阵里,因掺入少量其它元素的原子而成为杂质半导体,其可分成电子半导体(N型半导体)和空穴半导体(P型半导体)两大类。常温下,单独的N型半导体电子多、空穴少;相反,单独的P型半导体空穴多、电子少。当P型半导体和N型半导体接触时,由于P型半导体中空穴浓度大,而N型半导体中自由电子浓度大,N型半导体中的电子要向P型半导体扩散,P型半导体中的空穴向N型半导体中扩散。电荷转移的结果在交界面两侧出现正负电荷的积累,在P型半导体一侧是负电,N型半导体一侧是正电。这些电荷在交界面处形成电偶层,这就是所谓的P-N结。以上内容对大多数工科本科学生而言是比较抽象的,较难理解,如何用通俗易懂的方法解释这个理论?这是教师在教学过程中需要思考的一个问题。为此,笔者结合PN结的特点,提出了“城市-农村模型”的生活化类比:我们把人口比做电子,而房子则看成空穴。城市人口密集住房紧张,类似N型半导体;农村人口稀疏空房相对较多,类似P型半导体。在城市和农村的交界区域就是大家所熟知的城中村(城乡结合部),这个区域的人口、住房相对稳定,达到一种相对平衡,恰好类似于PN结。通常在P-N结两端加上正向电压:即正极接到P型,负极接到N

型,便会形成正向宏观电流。反之,如果把负极接到P型,即反向连接,则N型中的电子很难通过阻挡层,即不能导电。这里仍可采用“城市-农村模型”类比,当今人口从农村(P型)大量流向城市(N型)形成人口流动,恰如正向电压形成的正向宏观电流,反之,城市人口不愿意、也很难向农村转移,从而形成不了反向的人口移动,这恰好与在P-N结加上反向电压而不导电是一个道理的。不难发现,由于PN结的单向导电性特点和“城市-农村模型”特点有一定的相似性,将二者进行类比,该问题也迎刃而解。可见,通过生活化类比,能帮助学生更直观真实地认识和理解较难的物理术语和知识,起到事半功倍的效果。

2.2 不确定关系的生活化类比

海森伯位置和动量的不确定关系是大学物理课程中的一个较抽象的知识点,即便对于多数物理专业的本科生同样如此。如何在较短时间内让他们来学习不确定关系,仅仅靠照本宣科地讲解恐怕很难做到。为此,笔者尝试借助于类比法,先对不确定关系的建立过程进行一个简要介绍,然后借助电子单缝的夫琅和费衍射实验加以说明,再根据电子的波动原理,粗略估算出电子的位置和动量之间的不确定关系式^[4]。此时,为了加深学生对不确定关系的印象和理解,笔者通过一个生活化的实例来类比:运动电子的动量和位置可以粗略地类比为人的思想和身体自由度,电子的动量(或速度)比作人的思维范畴,而电子的位置相对于人身自由。当一个人的人身自由受到了限制(相当于电子的位置不确定范围很小),那么此人的思维将比行动自由人的思维更加活跃(相当于电子的动量不确定范围很大)。比如犯罪分子被抓坐牢、人身自由失去的时候,那么他的思想则会无限度得到发挥,百感交集,各种想法在心头,用“一夜愁白头”来表述一点也不夸张。而对于能量和时间也存在类似的不确定关系,比如原子各激发态的能级宽度与它在该激发态的平均寿命之间存在着不确定关系^[4]。讲到这里,我们也可以不失时机地举例类比之:微观粒子的能量可以比作一个人或家庭的财富数目,那么能量不确定度比作可以支配的资金数目,若一个人能自由支配的资金越多,那么决定购买一件商品的纠结程度或平均购买时间也相应地越短;换言之,在通常情况下相较于较富裕家庭,生活比较拮据的家庭购买同类商品时做决定购买所需的平均时间会更长,这与原子处在激发态的时间不确定度(平均寿命)可以做形象的类比。通过以上物理内容的讲解过程,以及所采用的类比实例,能让学生感受到物理课程很多时候还可以是生动形象的,同时我们也发现,采用生活类比法,同学们对所学物理内容更易于理解,从而提高了学习物理的兴趣。

2.3 电动势和位移电流的生活化类比

在电磁学章节中,位移电流和电动势是两个重要且比较抽象的概念。为此,笔者也运用了生活常识化类比法来进行讲解。根据电流的定义 $I = dq/dt$,我们可以把电流(电荷的流动)比作水流(水的流动),其中电量 q 可以比作一个水库的水容量,那么水流可以看成单位时间内进入或流出该水库的量。对于电动势又该如何理解呢?根据基本常识,我们都清楚地知道水受外力场的作用可以由高水位自动地向低水位处流动,但是由低水位处再到高水位处时,则必然要依靠外力(如水泵)克服外力场做功,才能形成一个完整循环的水流。电流与水流相似,电荷受到电场力的作用可以由高电势处定向移动到低电势,但不能再靠电场力的作用由低电势处自动回到高电势处。此时必须依靠电源克服静电力(类似水泵克服重力场)的作用来实现这一过程,从而形成一个连续循环的电流。这里,水流与电流、重力势与电动势、非重力场与非静电场、克服重力场做功与克服静电场作用等均可以一一对应。以上讨论表明,通过电流与水流的类比,我们会很自然地引出电流、电源、电动势及电源中的非静电力等概念,因此可以很容易地让学生对电磁学中的这些概念有一个简单、形象而又不失为深刻的理解。那么位移电流如何理解呢,我们仍然可以用水流来做类比。只不过现在我们可以发挥一下想象力:如果水流运动到一个极高温区域,传统意义上的液态水流消失,取而代之的是等量的水蒸气流。类似地,在RC回路中电容器充放电过程,导线中的传导电流在电容器两板间消失,类似水蒸气流,传导电流被取而代之,与其等量的恰是位移电流。一语中的,无需累述。

3 结语

综上所述,类比方法对大学物理教学起着积极的推动作用,若能恰当利用好类比方法,通过基本物理概念、规律的相似性比较,物理教师可以少费些口舌,化抽象枯燥为具体生动,让学生对初次接触到的物理概念和思想既有似曾相识的亲切感,又觉得新鲜而有趣,从而激发起学生的学习兴趣^[5-7]。

以我们学校为例,作为一个以工科为主的院校,面向的授课对象是大一下学期和大二上学期的工科本科生,由于来自不同的工科专业,对物理学习的基础和兴趣也参差不齐,有很大比例的学生积极性不高,学习被动,而且多数同学的形象思维仍占主导地位,抽象思维能力不强。一旦碰到抽象难懂且不易向学生描述清楚的物理概念,如果直接就物理问题去讲,学生掌握得往往不深刻,甚至可能是勉强被动地接受,甚至呈现出抵触心理和厌学情绪。如果能恰当应用类比方法,把学生日常生活中熟悉的事例与新物理问题加以类比,抽象问题会迎刃而解,而且还能充分调动学生的非智力因素。在以往的教学实践和学生对课程的反馈信息中,均反应出采用生活化类比法对教学效果是很有帮助的,这也激发了我们在今后的课堂教学中用好类比法的信心。因此物理教师在教学实践过程中掌握恰当的类比方法,对于大学物理的教与学均大有裨益。我们建议物理教师在讲课时应该根据具体内容,结合一些生活常识性的实例来类比抽象的物理问题,以达到启发学生的思考和兴趣的目的。

最后需要指出的是,将以生活化常识为实例的类比方法引入课堂教学,虽然可以激发学生的听课热情,但有些时候会存在欠精准和严谨之嫌,此时任课教师应及时抓住已经激起的学生好奇心,进一步更准确地阐明所要讲授的物理内容,与学生们一道保质保量地完成好我们的物理教学任务。

参考文献:

- [1] 张宪魁,王欣. 物理学方法论[M]. 西安:陕西人民教育出版社,1992.
- [2] 徐克服,张忠有. 物理教学中的类比方法[J]. 物理通报,1994(5):5-8.
- [3] 郭奕玲,沈慧君. 物理学史(第二版)[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
- [4] 程守洙,江之永. 普通物理学(第六版)[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [5] 刘喜莲. 浅谈物理学中的类比方法[J]. 物理与工程,2001,11(5):50-52.
- [6] 章登宏,房毅,张孟. 浅谈物理学研究和应用中的类比法[J]. 物理与工程,2009,9(5):24-26.
- [7] 严嘉琳,庄应烘. 大学物理渗透科学思维方法的教学与运用[J]. 高教论坛,2010(5):26-28.

(责任校对 王小飞)