教学论坛

论中学物理教学中的概念转变策略

侯新杰　霍思含　(河南师范大学物理与信息工程学院　河南新乡　453007)

摘要　本文针对物理教学中普遍存在的错误概念难以转变的问题,依据建构主义学习理论,阐述了中学物理教学中的概念转变策略,以期改善物理概念教学效果。

关键词　前概念　科学概念　概念转变　教学策略

自1982年美国康奈尔大学Posner等人提出著名的概念转变模型(conceptual change model,简称CCM)[1]后,"概念转变"研究成为科学教育领域关注的热点。之后,各种研究成果大量出现:形成了概念转变理论的多维解释框架,衍生出诸多建立在基本理论的不同方面的教学策略。同时,为了探测前概念和检验概念转变的结果,研究者还开发了一些有效的测评工具如力概念盘点FCI[2](force concept inventory, Hestens, 1992)和电学磁学概念勘查CSEM[3](conceptual survey of electricity and magnetism, Maloney, 2001)。借鉴国外已有的研究和工具,自20世纪90年代后期开始,我国科学教育研究工作者也展开了对概念转变的理论和实践探讨,拓宽了概念转变研究的视角。本文在分析已有研究成果基础上,系统阐述物理教学中概念转变的策略,以期改善物理概念教学效果。

一、前概念及其对教学的影响

前概念是指学生在没有接受正式的物理教育以前,对所感知到的现象、生活中的常识与经验进行总结加工所得的认识和理解[4]。在学生形成的前概念中,有些是与科学知识相一致的,可以作为新知识的"生长点",但也有很多是与当前的科学概念相违背的,是错误概念。

这些错误概念严重阻碍了学生对科学概念的建构。因为学生是花了相当多的时间与精力形成了自己的"朴素理论"(naïve theory),学生头脑中的这些常识性的朴素理论往往是对自然界的先入为主的印象,又是切身体验到的东西,属于自己的精神财富,是认识和理解生活中某些自然现象的宝贵工具。因而,学生往往对此深信不疑,并试图将这些错误概念迁移到对新环境、新现象的解释中去。比如,爱因斯坦就曾清楚地认识到个体建立永久正确的"运动和力的关系"的难度,在《物理学的进化》里,他与英费尔德就这一经验学习过程描述如下:

"假设一个物体处于静止状态,要改变这一物体的位置,需要给它施加力,比如推、拉或提,也许要用到马和蒸汽机。

我们会本能地把运动与推、拉或提这些动作联系起来,自己亲自试过几次后,更会认为,要让物体运动得快些就要施加更大的力。于是我们得出以下的结论:

如果说,X射线的发现和研究,对20世纪以来的物理学乃至整个科学技术的发展产生了巨大而深远的影响,那么,21世纪起主导作用的当为同步辐射光源。

今后,BSRF的科技人员将会在与用户单位的合作及实验方法研究和设备维护更新中继续前进,为推动同步辐射应用在我国的提升、扩展和普及而努力。

*图1引自《神通广大的射线装置——带电粒子加速器》,编著:方守贤等,清华大学出版社2001年。其它图引自BSRF内部资料。

参考文献

[1] 冼鼎昌,同步辐射应用概论——序言　主编:马礼敦等　复旦大学出版社(2005)
[2] 北京同步辐射装置内部资料

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

物体受的力越大，其速度就越大，用四匹马拉车肯定比两匹马快，直觉告诉我们，速率直接由所受的力引起……”[5]

显然这种靠直觉进行的推理是不恰当的，它导致了对运动的错误理解，而这一错误竟然沿用了近两千年……学生也是这样，他们往往不会因教师告诉他们科学概念而“除掉”脑袋中已有的错误概念。可见，学生头脑中存在的错误概念对教学产生的巨大阻力是造成学生物理学习困难的一个重要原因。

二、物理教学中的概念转变及其策略

概念转变理论是在对前概念研究的基础上产生的。所谓概念转变是指个体原有的某种知识经验由于受到与此不一致的新经验的影响而发生的重大改变[6]。需要说的一点是，这里的“概念”与心理学的一般的狭义理解不同，而是指与某个概念相关的所有知识，如“力”这一概念包含个体知道的关于力的所有知识，比如什么是力、力的作用情况、力与运动的关系等等。

建构主义认为，学习过程是学生建构自己的知识经验的过程，即学生通过新旧经验的相互作用来发展自己的知识经验。新旧经验的相互作用过程存在两种相反的运动：同化和顺应。学习不仅是新经验的获得（同化），同时又是既有知识经验的改造（顺应），而概念转变正是从顺应的侧面来研究知识建构的过程，揭示学生的错误概念及其转变的规律[7]。顺应的发生离不开学生的自我调节，从认知心理学的角度看，中学物理教学过程既应当是一个学习主体起自我调节作用的平衡过程，又应当是一个培养和提高学生元认知能力的过程[8]。基于此，下面从策略层面谈谈中学物理教学如何实现学生从前概念向科学概念的转变。

（一）探测学生前概念

有意义学习的提出者奥苏贝尔（D. P. Ausubel）曾在1978年出版的《教育心理学：认知观》一书的扉页上写道：“假如让我把教育心理学仅仅归纳为一条原理的话，那么，我将一言以蔽之：影响学习的唯一最重要的因素就是学生已经知道了什么，要探明这一点，并应据此进行教学。”[9]建构主义学习理论也认为，学生不是空着脑袋进教室的。前者说明有意义学习的实质是要使新知识与已有观念建立实质性的联系，后者反映出学习是学生已有知识经验的改造，所以教师首先了解学生已有的知识经验，尤其是了解学生的前概念是教学过程中不可或缺的步骤。

诊断性评价是揭示学生的前概念的有效手段。所谓诊断性评价，就是通过一定方式发现学生学习中存在的问题，分析这些问题产生的原因，从而为改进和调整教学策略提供依据[10]。对于学生中的有些前概念，比如自由下落的物体重的下落得快，斜面上的物体要受到一个“下滑力”等，教师可以凭借自身学习过程的回忆、教学经验的积累、物理学史的学习和参考研究者对中学生前概念的测试结果进行判断。对于学生中一些隐蔽性的，存在个体差异性的前概念，教师可以通过访谈、自编问卷调查、制作概念图、出声思考等方式进行。教师只有通过探测学生的前概念，认真分析其成因，才能对教学策略的选择和实施做到有的放矢。

（二）选择合适的概念转变策略

目前关于概念转变的有效教学策略主要有：建立在认知冲突和解决冲突基础上的教学策略；建立在类比基础上的教学策略；培养学生元认知的教学策略。[11]下面结合物理教学给予具体阐述。

1. 建立在认知冲突和解决冲突基础上的教学策略

为了实现概念转变，必须使学习者的认知发生冲突、动摇其前科学概念，从而建立科学概念。此类概念转变策略的实质就是新旧经验的顺应。实施该策略时，关键在于认知冲突的引发。在物理教学中引发认知冲突的有效方法主要有学生实验和设置问题情境。现以人教版初中物理九年级第十三章第五节“浮力”的内容为例来体现这两种方法的具体运用。

在全日制义务教育《物理课程标准》的内容标准中对该节提出的要求是：通过实验探究，认识浮力。知道物体浮沉的条件。经历探究浮力大小的过程。知道阿基米德原理[12]。

尽管学生在小学科学课中对浮力这一概念有了初步了解，但一些学生依然存在下面几种比较有代表性的前概念：①认为物体的浮力跟物体的轻重（质量）有关，轻的物体在水中上浮；反之下沉。②认为浮力和浮沉都是物体本身的一种属性。木块具有浮力，在水中会上浮；铁块不具有浮力，在水中会下沉。③物体之所以上浮是因为有空气进入物体内。

人教版九年级《物理》教材编写者或许已经考虑到学生已有的前概念，本节课一开始的两个富有“矛盾性”的问题“在水中下沉的铁块，也受到浮力吗？”“同样用钢铁制造的轮船，为什么能浮在水面呢？”和接下来的“想想做做”栏目下的三个小实验足以让学

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

生头脑中关于浮力的错误概念产生动摇，进而使学生产生了探究“浮力的大小到底和哪些因素有关”的兴趣和热情[13]。需要注意的是，在通过实验事实引发认知冲突时，简单呈现信息的实验对于转变学生的前概念收效甚微。有效的实验方法要求教师向学生提供这样一种经历，即学生不仅仅是在处理材料，而且要通过观察提出问题，与教师和同伴讨论他们的发现，设计进一步的调查，即学生进行的不只是“动手做”而是“动手动脑的活动”。

还可以运用设置问题情境的方法来引发学生的认知冲突。比如在一些偏远的农村中学中，有教师发现学生在课堂上暴露一些错误概念以后，并不急于更正，给学生呈现科学概念，而是通过设置以下问题情境：“一个 50 g 的小塑料球漂浮于水面而 100 g 的小铁球下沉。但是，一个 500 g 的大塑料球依然是漂浮于水面的。”、“用铁桶从井中提水，在逐渐提出水面的过程中，你所用的力的大小有何变化？”、“氢气球可以脱手上升，为什么用口吹起的气球总是下落？”等等。在学生不断质疑，不断解惑的基础上，同样可以有效地转变学生的前概念。当然，教师所设置的问题情境必须与学生的生活经验相联系，不超出学生的认知能力范围。

上述两种引发认知冲突的策略都离不开教师启发性的提问，可见课堂提问也是教师进行概念转变的一个有效的教学行为，因为提问可以促使学生在其错误概念上向前走，经过相互讨论，迫使他们注意到所想象到的情况根本不会发生而产生认知冲突。

认知冲突的解决需要在学生产生认知冲突的基础上，通过合理地提出猜想进行探究，经过抽象概括最终形成科学概念。由于学生的前概念是对个别物理现象的简单概括，常常忽略了事物之间的本质联系，在学生意识到已有知识与科学概念之间的距离时，教师应该引导他们去分析各种物理现象，归纳，发现事物之间共同的、本质的特征或联系，降低事物之间的复杂程度，进一步概括为科学概念。这也正是科学概念的过分简洁性造成了前概念和科学概念之间的差异，对学生的抽象概括能力提出了较高的要求。可见，抽象概括是科学概念获得和发展的重要思维方法[14]，是学生概念转变学习过程中必不可少的一步。

2. 建立在类比基础上的教学策略

类比策略也可称为“架桥策略”。学生学习科学概念时，将前概念与要学习的科学概念之间进行类比，这就好比在学生的前概念与科学概念之间架起了一座“桥”。该策略包括四个基本的步骤：①创设一个“靶子”问题，暴露学生的前科学概念。②教师举出一个符合学生直觉的类比例子，这个例子被称之为“锚例”。③教师要求学生在“锚例”和目标概念之间做出明确类比，并试图建立类比关系。④如果学生没有接受这种类比，教师再试图找到一种架桥类比（或一系列架桥类比），即在目标和“锚例”之间插入“概念化的中介物”。如下面教师利用这种策略转变学生认为“‘被动的桌子’不会对放在其上的书产生一个向上的力”的错误概念的过程，如图 1。

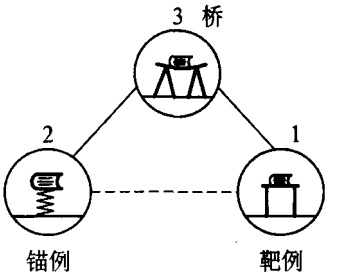

图 1[15] 类比策略示意图：“1”代表“靶例”；“2”代表“锚例”；“3”代表联接“锚例”和“靶例”的“桥”。虚线表示学生最初无法接受的类比，实线表示可接受的类比关系

学生认为当书放置在弹簧上时，弹簧“想”回到它原来的状态，要对书有一个向上的力。而由于桌子是固体的，它不会“想”恢复到原来的状态，对书产生向上的力是不可能的。教师通过呈现把一本书放置在富有弹性的薄木板上，学生把这种情况与 2 中的情景类比，认为木板也“想”恢复到原来的形状，书依然受到一个向上的力。又通过与 1 类比认为书受到了桌子对它向上的作用力，只是感觉这个桌子的木板太厚，只是我们没有觉察到罢了。

教师避开直接从“弹力”产生的实质或其他方面而采用类比策略帮助学生去理解概念，显得更容易让学生（尤其是低年级学生）接受。这能够顺利解决学生抽象思维能力发展的阶段性局限，但有时处理不当也可能会导致学生产生新的“错误概念”。如用形象“水流”来类比抽象的电流，虽易接受，但这种类比本身就有科学性错误。

但也有学者在对前概念进行价值判断时，认为前概念对于物理教学的价值，就在于人类对客观事物的认识是一个渐进发展的过程，那种一蹴而就的想法是不切实际的。物理教学往往要从学生已有知识，甚至是从一个存在错误的前概念出发，通过螺旋式的课程逐步发展为科学概念[16]。如在初中阶段的“水压”类比“电压”又是一个不科学的例子，但教师若用“保守力场”“电场力”“电场力的功”“电势”等抽象概念为基础建立电压的科学概念又不符合学生

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

认知发展规律，这说明教师选择策略时务必把学习者的特征考虑进去。

3. 培养学生元认知方面的策略

元认知就是对认知的认知，具体地说，是关于个人自己认知过程的知识和调节这些过程的能力，对思维和学习活动的知识认知的控制[17]。元认知的形成和发展必须以主体的大量的认知活动中所积累的经验为基础。具备元认知能力，就意味着学生在认知活动中不仅关注活动所指向的客体，同时也关注自身及正在从事的认知活动过程。由于学生的认知策略对学习起定向、控制、整合和修正作用，而认知策略的主动性和有效性的程度则显示其深层次的元认知水平。因此，中学物理教学过程应当成为培养和提高学生元认知能力的过程[18]。概念转变教学为培养学生的元认知能力提供了一个好的平台。在物理教学过程中，教师可通过积极创设实验教学环境，构建自主学习的环境，引导学生"自我提问"和"出声思维"，学生5分钟课堂自评小结、利用"反思性物理日志"等策略来培养学生元认知方面的能力，为后续的概念转变教学服务。

如在"浮力"课堂教学的尾声，教师可采用"学生5分钟自评小结"的方法进行对概念转变学习的反思。可以采用下表的形式进行：

	学习前	学习后
反思内容	① 看到"浮力"我想到了什么？ ② 我认为浮力的大小应该与哪些因素有关？ ③ 生活中有哪些例子支持我的想法？有哪些现象我还暂时不能解释？ ⑤ 总的来说，你对自己关于浮力的认识感到满意吗？	① 我对"浮力"这一概念是怎样理解的？ ② 浮力的大小与什么因素有关？ ③ 这与我原本的认识有何异同？ ④ 在课堂上，这个结论是怎样被发现的？ ⑤ 运用这个结论（阿基米德原理）我可以解释生活中的哪些现象？ ⑥ 我对这节课的哪些问题还有疑问？

这样将学生的错误概念与科学概念有机地联系起来，促进学生反思自己的已有认识、认识并调整自己的思维方式，主动有效地转变自己的错误概念，使学生对自己的错误概念从潜意识转为有意识状态，从行为、认知和情感上都参与到概念的转变过程中来。

三、结束语

实现概念转变对教师和学生都是一种挑战和考验，在诸多策略中，都包含着教师的引导和学生积极的思考与讨论。然而无论采用哪一种策略，从学生的角度来看，一个主要的特征在于，知识不再是单向的传递，也不是提供给他们"现成的东西"，他们自己需要对理解这些活动负最终的责任[19]。从教师的角度来看，实施概念转变的策略时，不仅要了解物理学科的知识，还要提前探测学生的前概念和他们倾向使用的概念发展方式。由一个讲授者转变为一个适应多种情景要求的多角色叠加者。

当前，概念转变的策略有很多，从上面列举的教学策略中可以发现，不同的教学策略对学生的认知要求是不同的。选用概念转变的任何教学策略都将为学习者提出特定的认知需要，在设计教学时必须将这些认知需要与具体教学内容、学生已有知识和智力水平、预期的学习结果、教学资源等联系在一起。

参考文献

[1] G. J. Posner, K. A. Strike, P. W. Hewson, W. A. Gertzog, Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change [J]. Science Education, 1982,66(2):211

[2] D. Hestenes, M. Wells, G. Swackhamer, Force Concept Inventory [J]. The Physics Teacher, 1992,3(30):141

[3] David P. Maloney, Thomas L. O'Kuma, Curtis J. Hieggelke, Alan Van Heuvelen. Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism [J]. American Journal of Physics, 2001,69(7):s12

[4][5] D. K. Nachtigall,规范与前概念(续)[J]. 物理通报,1997,(6):1—2

[6][7] 张建伟,概念转变模型及其发展[J]. 心理学动态,1998,(3):33

[8][17] 封小超,王力邦. 物理课程与教学论[M]. 北京:科学出版社,2005. 109

[9] 施良方,学习论:学习心理学的理论与原理[M]. 北京:人民教育出版社,1994:232

[10][18] 袁维新,运用诊断性评价揭示学生的前概念[J]. 生物学通报,2003,(6):32

[11] 李高峰,刘恩山,前科学概念的研究进展[J]. 内蒙古师范大学学报(哲学与社会科学),2007,(4):64

[12] 全日制义务教育物理课程标准(实验稿)[M]. 北京:北京师范大学出版社,2001:24

[13] 义务教育物理课程标准实验教科书《物理》(九年级)[M]. 北京:人民教育出版社,2005. 89

[14][16] 林静. CAT:基于学习科学的科学概念学习环[J]. 全球教育展望,2009,(10):33

[15] D. E. Brown, J. Clement. Overing misconcepts via analogical reasoning: abstract transfer versus explanatory model construction [J]. Instructional Science, 1989,18:237

[19] P. H. Scott, H. M. Asoko, R. H. Driver,郭玉英,卢俊梅译. "为概念转变而教"策略综述(续)[J]. 物理教师,2003,(6):3

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net