预测—观察—解释
——一种基于现代教育研究的演示策略

顾江鸿　史小梅　李春密

[摘　要]演示实验是科学课堂教学中的重要组成部分，如何提高演示实验的教学效果是人们一直关注的课题。预测—观察—解释（POE）是由勘察学生理解科学的研究方法演化而来的、建立在“观察渗透理论”哲学观念和建构主义、前概念、概念转变等教育理论基础之上的新型演示策略。这种演示策略的教学效果与传统的演示策略相比，具有明显的优越性，解读 POE 演示策略，可以促进演示实验和探究教学的开展，为有效地实施科学教学提供启示。

[关键词]演示实验；预测—观察—解释（POE）；建构主义；前概念；概念转变
[中图分类号]G424.31　[文献标识码]A　[文章编号]1009-718X(2009)05-0054-04

实验是自然科学的重要组成部分，也是科学教学的重要内容。新课程标准强调实验在教学中的地位，建议在教学中突出实验的特点，发挥实验的重要作用。演示实验对促进学生理解概念和规律，培养学生的观察和实验技能，激发学生的学习兴趣，熏陶学生的实事求是的科学态度具有不可替代的作用。如何有效实现和提高演示实验的教学效果一直是大家关心的课题。预测—观察—解释（predict- observe- explain，缩写为 POE）是一种新型的基于现代教育研究基础上的演示策略，这种演示策略的教学效果与传统的演示策略相比，具有明显的优越性，解读 POE 演示策略，可以促进演示实验和探究教学的开展，为有效地实施科学教学提供启示。

一、POE 是由勘察学生理解科学的研究方法演化而来的新型演示策略

POE 演示策略大致分为预测、观察、解释三个阶段。预测是在做实验前，让学生预测实验进行时出现的现象，并记录下来；观察是在学生预测并加以解释后，教师演示实验，学生观察实验；解释是学生对预测与观察进行讨论、解释。POE 首先是被作为一种勘察学生理解科学的研究方法而提出的。为了揭示学生的前概念，1980 年，Champagne、Klopfer 和 Anderson 提出用演示—观察—解释（demonstrate- observe- explain，缩写为 DOE）来勘察学生对运动学的理解。[1] 在研究中，研究者利用阿特武德机演示自由落体的各种形式，学生在观察演示现象后，解释有关的运动学问题。这就是 POE 的雏形。为了更有效地勘察学生的前概念，1981 年，Gunstone 和 White 把这种方法改为预测—观察—解释（POE）[2]。他们用自行车车轮作为轮轴制作阿特武德机，一边挂一木块，另一边挂一装有沙子的桶来研究学生对力、运动和重力的理解。现在 POE 策略仍然是测查学生对科学概念理解的有效手段。

1985 年，Champagne 等人把 POE 作为教学策略运用于自由落体的教学[3]。他们让学生预测以下情形下所发生的现象：让直径为 10 厘米的铅球和塑料球同时从 2 米处落下，再同时从 10 米处落下；让两

顾江鸿　阜阳师范学院物理与电子科学学院　（北京师范大学　博士生）　236000
史小梅　贵州广播电视大学　550004
李春密　北京师范大学物理系　教授　博士生导师　1 00875

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

个体积相同、质量不同的方形物体从同一高度同时落入装有0.25米高的水的容器中，再落入装有0.25米高的油的容器中。学生预测后进行讨论，观察实验后再对预测和观察的结果进行解释。1992年，Gunstone和White正式提出了POE教学策略[4]，并把这一策略分为预测、观察和解释三个阶段。

在教学实践中，人们不断对这一策略进行尝试和改进。例如，Ranne和Kolari把POE策略扩展为PDEODE[5]，即预测—讨论—解释—观察—讨论—解释。这一过程分六个阶段。第一阶段，教师介绍实验内容，学生预测实验现象。第二阶段，学生在小组内讨论。第三阶段，小组向全班解释自己的观点。第四阶段，演示实验，学生观察、记录实验现象。第五阶段，小组内讨论。第六阶段，学生在全班解释自己的观点。又如，随着计算机和摄像技术的普及，POE教学环境从演示实验扩展到视频素材的利用和计算机软件的操作，例如：用自由落体（在地球、航行的船上和月球上）、上抛、平抛、斜抛等视频材料进行教学，在预测阶段学生观看抛体的开始阶段，学生预测后再让学生观看抛体的视频材料。这些研究不仅增强了POE策略的教学效果，而且拓宽了POE的使用范围。

二、POE与DOE在观察观、科学发生观以及教学观等方面有本质的差别

传统的演示策略是教师演示，学生观察，然后教师讲解，可以简称为演示—观察—解释（demonstrate- observe- explain，缩写为DOE）策略。POE是学生根据自己原有的经验对实验作出预测，教师演示实验，学生在小组或全班围绕预测和实验结果的差别、学生观点间的分歧展开讨论，最后教师总结。从表面看，POE与DOE好像没有太大的差别，但两者在观察观、科学发生观以及教学观等方面有本质的差别，见表1。

POE与DOE的区别　　表1

	预测—观察—解释（POE）	演示—观察—解释（DOE）
观察观	观察渗透理论	观察是客观的、中立的
科学发生观	问题是科学的起点	观察是科学的起点
教学的类型	学生为中心	教师为中心
学生观	具有前概念的个体	白板、知识的容器
学习观	自主建构	传输—接受
教师观	教学的组织者、引导者	知识源
教学条件	自由表达自己的观点	记忆
信息的传递	多元、双向	单一、单向
成功的标准	概念转变	教师讲解清楚

1. 观察观的区别

传统的DOE演示策略认为观察是客观的、中立的，教师演示某一实验现象，所有学生看到的结果都是相同的，都与教师所要演示的内容一致。美国著名科学哲学家汉森（N. R. Hanson）认为观察不是客观的、中立的，而是渗透着理论，即“观察渗透理论”[6]。他认为观察不单纯是视觉意义上的看，观察还包含理论对视觉刺激的解释。例如，约翰尼斯·开普勒和第谷·布拉赫在清晨一起看日出，虽然外界在两人的视网膜上留下的物象是相同的，但是他们却认为他们看到了不同的现象（约翰尼斯·开普勒是日心说的倡导者，第谷·布拉赫是地心说的拥护者）。POE是建立在“观察渗透理论”基础之上的，不同学生在经历上有差别，在观看同一现象时得出的结论也会有差别。

2. 科学发生观的区别

DOE演示策略建立在传统实证主义基础之上，他们认为科学认识的发生开始于观察，通过中性的观察归纳出科学理论，再通过进一步的观察证实科学理论。学生的学习过程就是记忆教师在演示实验中被证实的科学理论。波普尔（K.Poppe）否认了这一观点，他认为科学理论先于观察，观察和实验是离不开理论的，科学认识的发生是从问题开始的，而不是从观察开始的，他认为科学理论不是被证实，而是被否证，他提出的科学发展的模式是：P_1—TT—EE—P_2。在这里P_1表示问题，TT表示试验性理论，EE表示消除错误，P_2表示新的问题[7]。POE在承认学生具有前概念的前提下，认为教学过程是学生的认知被不断否定的过程，预测为学生前概念的自由表达提供平台，实验演示为学生的认知发生冲突提供机会，解释、讨论为实现学生的概念转变提供条件。

3. 教学观的区别

从前面的论述可以看出，POE策略建立在学生具有前概念基础之上；学生的知识获得过程是自主建构的过程，也是不断自我否定的过程；教学目的是实现学生的概念转变；教学应该创设出使学生认知发生冲突的条件，为此在教学中必须创设学生能自由表达个人观点的环境；在课堂上，信息的传递是多元的、双向的，不仅师生之间传递的信息重要，而且生生之间传递的信息对学生的概念转变也很重要；在这种环境中，学生是课堂的中心，而教师只是教学的组织者和引导者。与此相反，DOE策略下

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的学生被看作是白板、是知识的容器；学生的学习是被动的接受；教师是知识的源头，是课堂的中心，学生处于次要的位置；教学的方式是灌输式；信息的传递是单一、单向地从教师传向学生；教学目的是让学生记牢教师所讲的内容；在教学时，只要教师把教学内容讲解清楚，学生认真听讲就能完成教学任务。

三、POE在教学效果上具有明显的优越性

建构主义认为，学生在学习科学概念之前就已形成自己的前概念。他们学习新概念的过程是通过自主建构而实现概念转变的过程，有效的教学应是向学生提供恰当的教学环境促使学生的概念发生转变。POE通过预测、观察和解释让学生自由地表达他们的前概念，造成认知冲突，学生在与环境、教师和其他学生相互作用的过程中实现概念转变。以下两项研究证实了POE的教学效果。

1997年，Roth等人在澳大利亚一所州立高中对12年级物理课进行了4周的观察研究，这些课是由一位擅长实验的教师主讲的[8]。研究发现，虽然教师在课堂上演示了很多精彩实验，但是学生从演示实验中所获得的知识与教师的预期相差很远。这一研究揭示了DOE策略的低效，同时也发现预测和讨论在演示实验中的重要性。

2004年，Crouch等人在哈佛大学所作的定量研究也证实了POE的效果[9]。他们把学习普通物理的133名医学预科生分为四个小组：控制组、观察组、预测组、讨论组。控制组上课时教师不作演示实验；观察组上课时教师作演示实验，学生观察，然后教师讲解，也就是传统的演示方法；预测组上课时，在作演示实验前，学生先预测实验结果并记录下来，然后教师演示实验，学生观察，最后教师讲解实验；讨论组在上课时，学生先预测实验结果并记录下来，然后教师演示实验，在学生观察过实验后，让他们在同伴之间相互讨论，最后教师总结。经过一个学期的教学后，出示与以前教学中类似的新实验，让学生预测实验结果，并对预测结果进行解释，来检测不同组学生的演示实验学习效果。测试结果见图1。

在图1中，横坐标表示组别，纵坐标表示各组与控制组（没有观察实验）相比答对率的增幅（(各组答对率—控制组的答对率)/控制组的答对率），浅色表示对实验结果的预测，深色表示对预测的解释。这一研究显示了POE策略的效果。

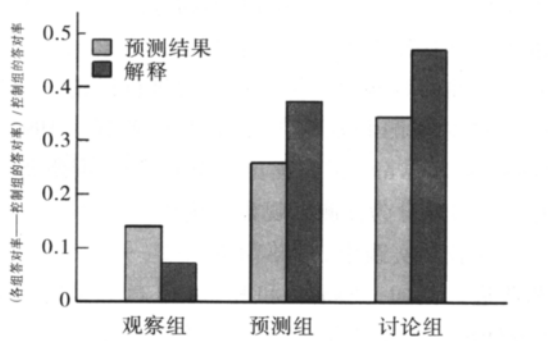

图1 不同组对实验结果预测和解释的正确率分布图

POE策略的教学效果之所以显著，是因为它遵循了人的学习规律。研究表明，人的学习是一个动态、互动的过程。学生带着他们当前的想法、态度和能力来到学习活动中，通过与环境、教师和其他同学有意义的相互作用，使自己最初的观点、态度和能力得到重新组织、重新定义或者替换[10]。POE就是在学生前概念的基础上，通过预测、观察、解释等活动使学生的认知发生冲突，进而实现学生对知识的自主建构。

四、POE为有效实施科学教学提供启示

POE策略的实质是通过预测暴露学生的前概念，通过实验演示使学生的认知发生冲突，通过讨论最终实现学生的概念转变。这符合学生的认知发展规律，它不仅对演示实验的教学、探究式教学具有指导作用，而且对以实验为特色的科学教学也具有启示作用。按照POE的要求，在教学中，教师要能准确把握学生的前概念，设计系统化、生态化的实验，创设民主、宽松的学习氛围和环境，展示科学概念的合理性。

1. 把握学生的前概念

在预测阶段，学生各种各样的前概念暴露出来，教师应能准确地判断出各种前概念的实质、产生的原因及其合理性和局限性。为此，教师应全面了解和准确把握学生的前概念，为课前实验的设计和课堂上学生的认知冲突、概念转变提供依据。了解和把握前概念的途径有很多。近三四十年来，人们已对前概念进行了系统的研究，了解这些研究成果可以帮助教师掌握学生的前概念。对学生的不断观察也可以帮助教师积累学生的前概念。另外，通过学习科学史，了解科学思想的进化历程特别是历史上“错误”的观点，也可以帮助教师理解学生的前概念，因为人类个体的认知发展具有“返祖”现象。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

例如，“力是物体运动的原因”、“热质说”、“燃素说”等，也是许多学生所持的观点。

2. 设计系统化、生态化的实验

为了把学生的前概念充分暴露出来，实验的设计应具有针对性。例如，在失重这一内容的教学中，针对学生对失重的前概念，教师取一装有水的饮料瓶，在瓶的侧壁用针扎两个孔，让学生预测当瓶从高处落下时，会有什么现象发生。又因为学生的前概念是多种多样的，所以实验的设计还应系统化和生态化。例如，针对学生只认为下落的物体才会失重这一前概念，教师可以让学生预测饮料瓶在上抛、平抛、斜下抛时发生的现象，也可以让学生预测如果这一饮料瓶跟随神州七号载人航天飞船在外太空航行时会发生什么现象。

3. 创设民主、宽松的学习氛围

为了能让学生充分暴露他们的前概念，在课堂上教师应营造民主、宽松的学习氛围。在这种环境中，学生能无拘无束地讨论、发言。为了营造这种环境，教师应尊重学生的观点，聆听学生的观点，不要过早地评价学生的观点，更不能对学生的观点进行讽刺和挖苦。与此同时，教师应及早发现学生前概念的根源、合理的地方和局限之处，为学生认知发生冲突创造条件。

4. 展示科学概念的合理性

实现前概念向科学概念转变是教学的最终目的，为了让学生的认知向科学概念转变，除了让学生的认知发生冲突外，教师还要让学生意识到科学概念比学生原有的概念更具合理性，能解释更多的现象，能更准确地预测新现象。Posner 认为学生概念转变应基于以下条件：第一，学习者必须对现有概念感到不满意。新的现象不能被原图式同化，原来的平衡被打破。第二，新概念必须是可以理解的。学习者对新概念形成统一、自洽的内部表征。第三，新概念必须是合理的。学习者的其他知识或信念与新概念一致。第四，新的概念必须是有效的。它不仅能解决现有的问题，而且也可以用来解释和预测新的现象。如果满足上面四个条件，学生就会发生概念转变。[11]

实验在科学教育中的重要性是毋庸置疑的，提高实验的教学效果一直是我们不懈追求的目标。但在实际教学中，人们常常只把实验作为激发学生学习兴趣、培养学生实验技能的手段，而对实验促进学生认知方面缺乏深层次的理解。POE 策略以科学认识论、前概念、概念转变的研究成果为基础，把实验与学生的认知发展联系起来，使学习成为既动手 (hands-on) 又动脑 (minds-on) 的过程。

[注释]

[1] Champagne, A. B., Klopfer, L. E., & Anderson, J. H. Factors influencing the learning of classical mechanics [J]. American Journal of Physics, 1980, 48 (12): 1074-1079.

[2] Gunstone, R. F. & White, R. T. Understanding of gravity [J]. Science Education, 1981, 65 (3): 291-199.

[3] Champagne, A. B., Gunstone, R. F. & Klopfer, L. E. Effecting changes in cognitive structures among physics students[M]. // West, L. H. T. (eds), Cognitive structure and conceptual change. Orlando: Academic Press, 1985: 163-187.

[4] White, R. T., & Gunstone, R. F. Probing understanding [M]. London: Falmer Press, 1992: 44-64.

[5] Savander-Ranne, C., & Kolari, S. Promoting the conceptual understanding of engineering students through visualization [J]. Global Journal of Engineering Education, 2003, 7 (2): 189-199.

[6] N. R. 汉森. 发现的模式[M]. 邢新力，周沛，译. 北京：中国国际广播出版社，1988: 5-33.

[7] 刘大椿. 科学哲学[M]. 北京：人民出版社，1998: 84-93.

[8] Roth, W. M., Mcrobbie, C. J., & Lucas, K. B. Why may students fails to learn from demonstrations? [J]. Journal of Research in Science Teaching, 1997, 34 (5): 509-533.

[9] Crouch, C. H., Fagen, A. P.,& Callan, J. P. Classroom demonstrations: learning tools or entertainment? [J]. American Journal of Physics, 2004, 72 (6): 835-838.

[10] [美]科学探究附属读物编委会. 科学探究与国家科学教育标准[M]. 罗星凯，张琴美，李萍昌，译. 北京：科学普及出版社，2004: 33.

[11] Posner, G. J., Strike, K. A., & Hewson, P. W. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change[J]. Science education 1982, 66 (2): 211-227.

本文为北京师范大学物理系“师范教育特色专业建设和免费师范生教育实践研究与基地建设”项目成果。

(责任编辑：韩　梅)

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net