

小学科学课程到底应围绕什么？

文_叶兆宁 / 东南大学学习科学研究中心

当今世界，科学技术在社会和经济发展中起着越来越重要的作用。它不仅促进着生产力的发展，为人类在更大范围、更深层次上认识并合理利用自然提供了可能，推动了社会的发展和繁荣，而且改变着人们的生产方式、生活方式和思维方式。科学素养已成为未来公民必备的素质，从小开始培养儿童的科学素养成为义务教育阶段的重要任务。

小学科学课程是义务教育中儿童接触自然科学的开端，对儿童科学素养的形成尤为关键。任何一门课程都至少有两个核心问题，一是“学什么”，二是“怎么学”，对“小学科学课程到底应围绕什么”的讨论即帮助读者理解科学课程应“学什么”的问题。

无论是我国的小学科学课程标准，还是各国现行的科学教育标准，都在科学课程的目标上保持一致^[1-4]，在国际科学院联盟（IAP）2010年出版的《科学教育的原则和大概概念》一书中，更是把科学教育的目标作为十项基本原则之一，明确提出^[5]：

科学教育具有多方面的目标，应该致力于

- 理解一些科学上有关的大概念，包括科学概念以及关于科学本身和科学在社会中所起作用的概念
- 收集和运用实证的科学能力
- 科学态度

该书的编者强调这些多方面的目标并不是相互孤立的。在学习过程中它们之间的相互促进很重要，真正的理解需要依靠能力^[5]。

但教学中仍然存在的问题是，这些目标中是否应有一项目标更为核心，而成为课程的主要线索？那么是应以知识为主线，还是以能力为主线呢？注重过程还是注重结果呢？这正是新教改中反复争论的焦点。本文作者试图从各方面的分析中寻求答案。

◎ 学习科学的研究揭示了儿童的学习能力

上世纪中后期开始，人们越来越清楚地认识到人类学习以及生存环境的复杂性，从而导致了新的领域——学习科学的诞生^[6]。学习科学从多学科的视角研究学习，涉及到人类学、社会学、哲学、心理学、计算机科学、神经系统科学等多种学科。

近三十年学习科学的实证研究表明，人生而具有强大的学习能力。婴儿从出生开始就具有十分巨大的能力来学习和系统地接受信息，开始建构他们一生知识的基础。他们开始对颜色产生反应，辨认物体和物理世界的特性。不到一年他们就能理解语言了，一些能力如辨认物体、面部识别，甚至是基本数字的识别可能是生而具有的，是世界上最奇特的事^[6]。

研究表明（Pascalis et al, 2002），即使是婴儿也会使用概念^[7]。当他们向人的面孔微笑时，指向家里圈养的宠物，并呼喊它的名字时，或是急急地向装有果酱的一满勺果酱招手时，都表现了他对概念的使用。婴儿在6个月到10个月时母语的辨别能力增强，非母语的辨别能力减弱。说明人天生就会形成概念，这些概念不一定都科学，而且绝大部分不是科学的。Patricia Kuhl的研究也表明在正确的时间，以正确的方式，提供正确的信息，婴儿的学习能力是惊人的^[8]。

在2007年由国家研究理事会（美国，NRC）出版的《Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8》中，以实证研究为基础对儿童的学习能力作出详尽分析，得出如下结论^[9]：

◆ 幼儿的思维令人惊讶地成熟，而并非传统观过时观点所认为的具体和简单。儿童学习科学所需的重要“建筑块”（建筑块指儿童

学习科学所需要的基础知识和能力)在进入学校之前就已经具备了。

◆ 儿童在进入学校的时候已经对自然世界有了充分的认识,在这基础上可以发展他们对科学概念的理解。某些领域的知识提供的基础更加牢固,因为这些知识出现得很早,并且在世界跨文化范围内具有某些普适的特征。

◆ 在学前阶段结束时,儿童的推理能力已经处于科学推理能力发展的起点上。然而,他们的推理能力受到他们概念知识、任务本质以及对自己思维意识等的限制。

这些结论打破了人们对儿童学习能力的固有观点,那些认为儿童只具有具体思维,没有抽象思维;儿童主要根据对事物及其联系进行排序和分类来理解世界,而不是根据解释性理解建构理论;以及儿童不能采用实验来发展他们的想法的观点在目前看来已经过时了。

显然幼儿对自然的好奇心,驱使他们主动地探究周围的世界。儿童缺乏的是知识和经验,但并不缺乏推理能力^[6]。儿童在进入学校时已经形成了有关世界的一些概念,有着潜在而强大的学习能力。如果小学的科学教育不能帮助儿童有效认识世界,建构正确的科学概念,则儿童在长达六年的学习中将形成更多的错误理解,这些错误的理解无疑会对其后续的学习造成阻碍和影响。

◎ 为什么概念学习对儿童很重要?

◎ 来自神经科学的启示

从神经科学的视角来说,教与学是儿童大脑和心理发展的重要部分。大脑和心理发展与儿童和外部环境的不断互动有关。在神经系统中与学习经验相连的活动促使神经细胞创造出新的突触。本质上,一个人接触信息的质量和习得信息的数量反应其大脑的终生结构。在学习过程中,大脑所发生的变化似乎使神经细胞变得更加有效或有力。大脑皮层总体结构因接触学习机会和在社会情境中学习而改变。^[6]

那么大脑的变化是由实际学习或各种神

经活动的总体变化引起的吗?仅靠激活而没有主体实际学习参与是否能使大脑产生变化等问题成为科学家的研究重点。动物实验表明(Black et al.,1990),学习能增加突触而练习则不能^[10]。神经细胞活动的生物电学记录证实学习赋予大脑新的组织模式(Beaulieu and Cynader,1990)^[11]。仅靠激活是不够的,还需要学习者的主动参与。

可见,学习改变着大脑的物质结构,而这些结构的变化改变了大脑的功能组织。变化不是一朝一夕的,改变也不是一蹴而就的。所以,人的错误想法一旦建立就很难改变,因而及早帮助儿童建立对自然现象的正确认识,将有助于其一生的发展。

◎ 来自认知科学的启示

◆ 对专家和新手差异的研究

认知科学家们对专家和新手差异的研究显示:专家推理和解决问题的能力取决于良好组织起来的知识,这些知识网络影响他们所关注的事物和问题再现的方式。专家比新手更有可能识别有意义的信息模式;专家首先需求提高对问题的理解力,这常常涉及到核心概念或大观点的思维方式;同时,专家的知识是“条件化的”,它包括对有用的情景的具体要求,他们知道知识运用的条件和方法。故此,

强调知识广度的课程会妨碍知识的有效组织,因为人们没有足够的时间把每样事情都学得很深。那种能使学生了解专家组织和解决问题模式的教学也许会更有用。^[6]

专家的知识是围绕重要观点或概念来组织的,这意味着课程亦应按概念理解的方式组织。许多课程设计的方法使得学生难以进行有意义的知识组织,通常在转入下一主题前,只是能触及到一些表面性的事实知识,而没有时间形成重要的、组织起来的知识。从这点来看,没有概念为载体的学习显然不利于学生了解知识的组织模式。对于小学生而言,没有概念为载体的学习将不利于其对知识的理解和组织,也不利于后续的科学学习。

◆ 对学生概念转变的研究

认知科学家从20世纪70年代开始关

儿童缺乏的是知识和经验,但并不缺乏推理能力。儿童在进入学校时已经形成了有关世界的一些概念,有着潜在而强大的学习能力。

注学生教学前概念的研究,包括学生的错误概念(misconception)、朴素概念(naïve concept)、直觉概念(intuitive concept)、相异性概念(alternative concept)等^[12]。

Chi 和 Roscoe^[13]的研究显示学生建构知识有两个典型的特点,一是凭直觉或是凭当时的感觉得出不正确或是不完整的概念;二是已经具有的不正确的概念会妨碍建立新的正确的概念。Chi 和 Roscoe 把学生这种原有的概念分成两类,一类是前概念(Preconception),这一类概念通过教学是比较容易改变的,而另一类称为错误概念(Misconception,也有译为“迷思概念”),这类错误概念比较牢固,很难改变,即使是面对观察到的事实,也常常会不易改变。比如落体的概念、四季的概念、月相的概念都不容易建立,如果学习之前就存有错误的理解,这些错误再纠正起来就会较为困难。

最初研究者以皮亚杰的认知建构主义和库恩的“理论转换”观点为基础,探讨科学概念的转变问题,提出了各种概念转变的模型和方法,如著名的 Posner 的概念转变模式等。进入上世纪 80 年代和 90 年代早期后,研究者开始关注影响概念转变的因素,尤其是学习者在概念转变中的重要性。

虽然到目前为止,在对科学概念转变的界定、过程、作用机制等仍在争论中。但儿童在学习过程中存在一定的前概念,学习需要基于学生原有基础的教育理论已得到公认。对学生科学概念的关注实际反映了对学生科学学习的重新认识以及对学生主体的重视,促进以学生为中心开展科学教育,支持学生通过主动学习实现科学概念的转变。

美国国家研究理事会(NRC)早在 1997 年的文献中就指出错误概念是学生科学学习的障碍,并对教学给出明确的指导,包括了解学生错误概念的方法^[14]。有研究者(古丁、梅兹,2008)给出了帮助学生认识到自身错误概念的策略,包括要求学生给出说明,要求学生给出证据,要求学生给出评价等等^[15]。这些策略本身就指向学生探究能力的培养,可见当教学围绕学生的错误概念展开时,教师不得不采用观察、实验、讨论、甚至辩论等教学策略,而学生的探究能力也将在这些

策略中得到发展。

◆ 对学生科学学习进展的研究

对学生科学学习进展(Learning progression)的研究是本世纪初以来科学教育研究的热点问题。

学习进展是基于教学经验和研究而形成的对学生学习进步方向的预设,是可测试的,内容包括学生对主要的科学概念的理解和解释,以及科学实践能力的发展程度^[9]。这些预设说明学生在掌握主要科学概念的进程中的普遍规律和路径,是建立在对学生真实学习过程进行的实证研究基础上的^[16]。

学生对科学概念的理解,从其朴素理论开始,最终发展为科学理论,是学生在该领域学习中的相关体验、科学知识和技能逐渐增多并结构化的结果,学习进展的研究揭示出学生获得学业成就的一般过程,在一定程度上说明了学生科学学习的认知发展。

美国(NAEP)的评测框架和 2010 年公布的科学课程框架草案中都将学习进展作为新一轮科学课程改革的有效依据。提出学习进展的研究对课程、标准、评价和教学都有着重要的意义^[17,18]。

国内学者在分析 NAEP 的科学评价框架时提出:构建评价内容最为关键的是要与学生认知发展相匹配。要构建清晰有效的评价内容,就要摸清学生科学概念的认知发展,明确某一核心概念在某年仅可以评价什么。唯有遵循学生认知发展的评价内容体系,评价反馈的结果才能有效促进科学课程与教学的概念,达成科学素养培养目标的落实^[19]。

此外,在学习科学的第二本专著《剑桥学习科学手册》中明确提出了目前学习科学家们对学习的基本事实已达成共识,包括更深刻的理解概念的重要性;注重教,也注重学;创设学习环境;建立在学习者已有知识上的重要性;反思的重要性^[20]。

◎ 围绕概念教学与能力培养矛盾吗?

围绕概念教学是单纯地从概念到概念,一味地讲授而忽略探究吗?围绕概念的教学和学生探究能力、实验技能和学习能力的培养矛盾

吗？回答显示都是否定的。

国际科学院联盟（IAP）的科学教育小组2006年在《探究式科学教育的评估报告》中给出了探究式科学教育的区别性特点，如下表：

探究式科学教育的区别性特点

● 学生通过对已收集到的证据进行思考和逻辑推理来生成概念，使自己能够理解周围世界的科学方面，他们将：

- 亲自处理物体与材料及观察事件；
- 运用从包括专家在内的一系列信息源中收集到的第二手证据；
- 提出调查问题，进行预测，计划和进行调查，解决问题，验证观点，对新证据进行反思并形成新的假设；
- 与他人合作，分享观点，计划和结论；通过对话提出自己的见解。

● 教师引导学生通过自身的活动和推理培养探究技能和发展对科学概念的理解。这需要教师推行分组作业、讨论、对话和辩论，以及为直接调查和实验提供材料和信息来源。

从中不难看出通过探究的方法教科学时学生需要通过亲自实验或收集证据，经过思考和逻辑推理来建构对科学概念的理解。这个过程中学生的问题意识、动手能力、科学思维都能够得到发展。而教师则要更多地实施实验、观察、讨论、对话和辩论。可见，围绕概念进行的探究式教学与学生的能力培养不但不矛盾，反而是一个相互促进的过程。

Harlen (2010) 指出，在小学里，科学活动一般是从周围的物体和事件开始的，教师力图使内容引起儿童的兴趣。小学阶段的问题不在于缺乏能使学生感知的内容，而在于难以选择适当的学习内容，使这些内容不仅对学生在中学的学习有用，而且对他们一生都有用。因此，在构思科学教育的目标时，在知识方面不是用一堆事实和理论，而是用趋向于核心概念的一个进展过程。这些核心概念及进展过程可以帮助学生理解与他们在学校以及离开学校以后的生活有关的一些事件和现象。^[5]

◎ 结语

儿童的科学学习是一个连贯的过程，在义务教育的所有年级，学校都应该设置科学教育项目，以系统地发展和保持学习者对周围世界和好奇心，对科学活动的热爱，以及对如何阐明自然现象的理解^[5]。

教育工作者需要认识到日常生活中的活动、观察和思考，儿童在进入学校时已经形成了有关世界的一些概念，这就是科学教育要达到的知识理解、能力和态度方面目标的起点。课程中的活动应是与学生相关的和重要的，特别是能激发学生兴趣的。对课程开发和教师来说，关键是要能保证从学习特定的课题出发建立的小概念能逐渐发展成较大的概念^[5]。

科学概念的学习和发展是一个脚手架，学生的错误概念更是教学的突破口，它帮助教师理清教学需求与目标的关系，帮助教师激发学生的思维冲突，帮助学生在概念转变的过程中得以发展。因此，围绕概念教学与学生的能力培养并不矛盾，概念的建构应是科学课程的主线。小学科学课程应始终以探究式学习为主要的学习方法，以学生科学概念的发展为载体，促进儿童的全面发展。

参考文献

- [1] 教育部. 科学(1~6年级)课程标准(实验稿). 北京师范大学出版社. 2001
- [2] National Science Education Standards. National Research Council. Washington DC: National Academy Press. 1996
- [3] The National Curriculum for England. Science. 1999/2001. www.nc.uk.net
- [4] The Curriculum and Standards Framework. 2002. <http://csf.vcaa.vic.edu.au/sc/kosc.htm>. Statements of Learning for Science. Curriculum Corporation. 2006. <http://www.curriculum.edu.au>
- [5] Wynne Harlen. Principles and Big Ideas of Science Education. Ashford Colour Press Ltd. 2010. ISBN 978 0 86357 4 313
- [6] [美] 布兰思福特. 人是如何学习的: 大脑、心理、经验及学校(21世纪人类学习的革命译丛). 程可拉,

等译. 华东师范大学出版社. 2005

[7] Alivier Pascalis et al. Is Face Processing Species-Specific During the First Year of Life?, Science, 17 May 2002

[8] Gopnik, Alison; Meltzoff, Andrew N.; Kuhl, Patricia K. The Scientist in the Crib: Minds, Brains, and How children Learn. William Morrow & Col., Inc., 1999

[9] Committee on Science Learning. Kindergarten Through the Eighth Grade (NRC). Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8, Washington, DC: The National Academies Press. 2007

[10] Black, J.E., K.R. Isaacs, B.J. Anderson, A.A. Alcantara, and W.T. Greenough. Learning causes synaptogenesis, whereas motor activity causes angiogenesis, in cerebellar cortex of adult rats. Proceedings of the National Academy of Science U.S.A. 87:5568-5572

[11] Beaulieu, C., and M. Cynader. Effect of the richness of the environment on neurons in cat visual cortex. I. Receptive field properties. Developmental Brain Research 53:71-81.

[12] 高满怡. 促进学生科学概念转变的心理学研究进展与启示. 中国特殊教育. 2009年第2期, P86

[13] M. Limon & L. Mason. Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice. Dordrecht: Kluwer. 2002, ISBN-10: 9781402004940

[14] NRC. 1997. Science teaching reconsidered: A handbook. Washington DC: National Academies Press.

[15] Gooding, J., and W. Metz. 2008. A blueprint for cultivating inquiry. Science Scope 32 (1): 62 ~ 64.

[16] Tom Corcoran, Frederic A. Mosher, Aaron Rogat, Learning Progressions in Science: An Evidence-based Approach to Reform, CREP. 2009

[17] National Assessment Governing Board. Science Framework for the 2009 National Assessment of Educational Progress (Prepublication Edition). 2007

[18] NRC. A Framework For Science Education (Preliminary Public Draft. 2010

[19] 林静. 美国 NAEP 科学素养评价新趋向, 课程·教材·教法, 2009.8 (Vol.29, No.8)

[20] R. 基思·索耶, 剑桥学习科学手册, 北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室脑科学与教育应用研究中心, 徐晓东等译, 教育科学出版社, 2010.4

[21] Wynne Harlen and Jorge E. Allende Edit. Interacademy Panel on International Issues: Report of the Working Group on International Collaboration in the Evaluation of Inquiry Based Science Education (ISBE) Programs. 2006. ■