

“大概念”对科学教育至关重要

——《科学教育的原则和大概念》^① 导读

刘 晟^②

【摘要】 旨在提高全体学生科学素养的科学教育，应通过各学段连贯一致的整体课程设计，从学生感兴趣并与他们生活相关的课题开始，帮助他们逐步形成一些数量相对较少的科学概念和关于科学的“大概念”。《科学教育的原则和大概念》一书言简意赅地呈现出科学教育的10项原则和14个科学概念与关于科学的大概念，与当代科学教育发展趋势及研究成果相互印证，是适合全体科学教育从业者阅读的重要译著。

【关键词】 科学教育；大概念；科学本质；连贯一致

The Great Significance of Big Ideas to Science Education

——Guides for Reading the Book “Principles and Big Ideas of Science Education”

Liu Cheng

Abstract: To improve scientific literacy for all citizens, it is essential and necessary to help students develop some scientific concept and “big idea” by means of coherent curriculum design, especially focusing on the interesting topic relevant to the real life. The book, “Principles and Big Ideas of Science Education” outlines ten principles of science education and fourteen big ideas of science and about science. The opinions and perspectives shown in this book are consistent with the current development and research findings in science education. This book is an important translation work for all practitioners in science education.

Keywords: science education, big ideas, nature of science, coherent

① 《科学教育的原则和大概念》一书由英国温·哈伦编著，韦钰译，科学普及出版社2011年7月出版。

② 刘 晟：北京师范大学讲师，博士；研究方向：概念教学、科学探究及科学本质；通讯地址：北京市海淀区新街口外大街19号北京师范大学生命科学学院；邮编：100875；Email：liucheng@bnu.edu.cn。

伴随着科技的飞速发展和知识的爆炸式增长,试图在学校教学中覆盖尽可能多的内容,即追求知识的广度(width)而非深度(depth),往往会使科学课程内容呈现为一系列细节与不相关事实的罗列。在这一做法下,学习者在完成学业时,往往只会在头脑中留下一些剥离的知识碎片及毫无意义的学校教学成果,缺乏对现实世界中真实事物的深入理解。^[1,2]维果斯基曾指出,儿童通过与现实世界的直接接触,会自发地形成一套对这个世界如何运转的理解体系,即日常概念(或称自发概念)。^[3]而儿童从学校教学中所获得的科学的基本原理,则是“科学概念”。只有当儿童生活过程中原已形成的日常概念与学校教学中期待学生掌握的科学概念建立起相互联系时,才能形成有意义的学习。

当代科学教育研究的成果显示,那些能够在纸笔测试中取得好成绩的学生,并不一定能很好地理解学校课堂上所学的知识并将其用于解决课堂以外的问题。^[4]哈佛大学史密森天体物理学中心曾做过一项研究,给哈佛大学的毕业生展示一粒种子和一段木头,然后问他们“种子长成参天大树所需的物质主要来源于哪里?”绝大多数毕业生都认为来源于土壤或水——这是一种典型的儿童直接接触自然后自发形成的日常概念。^[5]而实际上,学校科学教学所期待学生掌握的科学概念是——构成参天大树的物质主要是由植物光合作用吸收并转化空气中的 CO_2 形成的,即其所需的物质主要来源于空气中的 CO_2 。这表明,学生的日常概念并没有与学校教学中的科学概念建立起有意义的联系。

伴随着对学生有意义学习的探讨以及当代科学教育研究的不断深入,越来越多的科学教育工作者意识到科学教学应遵循“少而精(less is more)”的理念,从课程、教材、教学、评价、教师培训等方面对科学教育的各学段进行连贯一致的整体设计——聚焦于发展学生对科学“大概念”的深入理解。^[6,7,8]什么是“大概念”?中小学科学教学中应聚焦于哪些“大概念”?聚焦“大概念”的教学应怎样开展?怎样从宏观上保证中小学科学教学具备良好的一致性和连贯性?——阅读《科学教育的原则和大概念》一书将有助于读者深入思考这些问题。

该书缘自2009年10月一次规模不大的国际研讨会。这个研讨会的初衷就是针对中小学科学教育中大多缺乏连贯性这一现象,提出科学教育应遵循的基本原则,凝练出学生应接触的“大概念”,从而在宏观上考虑科学教育的连贯性。参与研讨会的10位专家中,既有经验丰富的科学家和工程师,也有长期从事科学教育的教育家。通过会前文献资料的收集、会上的研讨、会后的持续通信讨论,最终形成了一份报告,即《科学教育的原则和大概念》。

一、本书内容简介

本书主要围绕以下五个问题展开论述:

1. 为什么需要大概念?
2. 科学教育应遵循哪些原则?
3. 大概念是怎样被挑选出来的?
4. 应以怎样的路径帮学生发展出这些大概念?

5. 从教学法的角度, 应怎样开展聚焦于大概概念的科学教学?

围绕这些问题, 本书的引言部分先与读者分享了研讨会对学生与学校现状的看法——学生普遍对科学缺乏兴趣, 而学校的科学教育无法帮助许多学生了解周围事物乃至成为具备科学素养的公民, 并分析指出这一现状可能与教师难以构思和选择恰当的学习内容和目标有关, 进而提出本书的核心观点——科学教育的目标不是去获得一堆由事实和理论堆砌的知识, 而应是实现一个趋向于大概概念的进展过程, 这样做有助于学生理解与他们生活相关的事件和现象。随后, 在第一章中呈现出了本次研讨会上总结和归纳出的“科学教育的10项原则”, 旨在表达研讨会成员认为在指导科学教育决策和行动中, 应考虑怎样的价值观和标杆以及应斟酌哪些决策和行动, 包括科学教育的目的、意图、目标和进程, 以及与学习经验、评价、学校科学项目有关的原则。

第二章则通过对四个问题的探讨, 阐述了本书中的科学大概概念是遵循怎样的标准选择出来的。这四个问题是: (1) “科学的概念和科学教育的概念是相同的吗”? (2) “大概概念应该大到什么程度”? (3) “选择的标准是什么”? (4) “我们应该局限于那些来自科学研究成果的概念”还是“应该包括有关科学活动的概念和有关科学概念运用方面的概念”? 本章对这四个问题的探讨, 主要是围绕“学校的科学”与“真实的科学”的关系、“有关世界的知识”与“有关获得这些知识的过程的知识”的区别以及概念间的关联程

度及其价值展开的。在本章最后, 呈现出本次研讨会筛选出的10条科学概念 (Ideas of science) 和4条关于科学的概念 (Ideas about science)。

第三章旨在探讨并描绘“从儿童早期对他们周围物体和事件的探索开始, 以什么样的路径发展出这些科学大概概念和有关科学的大概念?”在这一章中, 作者首先结合已有研究和文献简述了儿童对周围世界早期概念的形成过程和特点, 并总结和分析了关于儿童早期概念如何进展为科学概念的三种观点。随后, 针对第二章中列出的14条大概概念, 逐一描述了每条大概概念是怎样从日常生活中的已有经验逐步发展出来的。

第四章主要聚集于探讨“如何学习才能达到发展大概概念的目的, 并同时能符合支撑科学教育发展的各项原则”这一问题。在这一章中, 作者主要从教学法的角度展开分析, 依次讨论了怎样将第一章中的原则应用到科学教育的学生活动中、指向大概概念的科学课程有效教学法具备怎样的特征以及这种教学法对教师带来的挑战并给出建议。

二、本书的价值与意义

这本译著短小精悍, 从引言到第四章正文结束总共55页, 言简意赅地展现出参与研讨会的专家们总结出的关于科学教育的10项原则和14条大概概念, 是科学教育从业者快速了解国际科学教育发展趋势、改革动向及研究成果的重要译著。这本译著在2011年7月首次出版后, 又于2015年3月进行了第二次印刷。在这本书的中文版后记中, 曾问到

“一本薄薄的小册子，何以能够吸引众多教育家和科学家的关注呢？”这其中有一个可能的原因就是，本书所蕴含的以下三个方面的科学教育思想，与当代科学教育发展趋势及研究成果高度一致、相互印证。

（一）围绕“大概念”展开科学教学是实现有意义学习、进而提高公民科学素养的必要条件

当下我们所居住的世界，已被人类通过多种方式加以探索和改造，如筑坝引水、开垦森林、建造公路和铁路等。不论是在当下还是未来，这种探索和改造仍会持续不断地进行，以期让我们赖以生存的世界变得更加美好。这不仅需要大批具备科技创新能力的专业人才，而且还要求全体公民都具备良好的科学素养。在这种背景下，中小学科学教育不再以培养新一代的科技人才为首要目标，而是要以提高全体学生的科学素养为首要目标，以培养未来公民应对其所处时代的挑战，通过服务于工作领域和社会，实现自我价值和负责任地生活。^[9,10]

这种“面向全体学生的科学教育”，意味着必须要在有限的教学时间内，选择对所有学习者都至关重要的科学大概念，针对与这些大概念相关的学习者自发形成的日常概念展开教学设计，才有可能实现有意义的学习，

从而提高全体学生的科学素养。这一观点在本书所论述的科学教育的10项原则、大概念的筛选标准以及基于大概念的教学法中都得到了体现。而这一观点背后所蕴含的认知与学习科学的基本原理，则在美国国家研究理事会的《学生是如何学习的——课堂中的科学》^①一书中得到了详细地阐述和论证。

（二）“科学概念”与“关于科学的概念”都至关重要

对于一个有良好科学素养的公民，除了理解关于自然界的“科学概念”是什么，也应知道这些用于解释周围事物的概念是如何得到的——即“关于科学的概念”——从而在面对新的、不熟悉的科学情境时做出明智的个人及社会决策。而关于科学的概念，在国际科学教育领域中是一个专门的研究领域——科学本质（Nature of Science, NOS）。美国科学促进协会在《面向全体美国人的科学》^②和《科学素养的基准》^③这两本书中都从科学世界观、科学探索、科学事业三个角度论述了科学的性质。

本书所提出的支撑科学教育的基本原则中的第三条就提到，科学教育应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关于科学的概念（即上面两本书中论述的科

① National Research Council. (2005). How Students Learn: Science in the Classroom. Washington, D. C.: National Academies Press. 中译本《学生是如何学习的：课堂中的科学》由广西师范大学出版社2011年3月出版，2012年6月重印。

② American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1989). Science for All Americans [M]. New York, NY: Oxford University Press Inc. 中译本《面向全体美国人的科学》由科学普及出版社2001年9月出版。

③ American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1993). Benchmarks for Science Literacy [M]. New York, NY: Oxford University Press Inc. 中译本《科学素养的基准》由科学普及出版社2001年6月出版。

学的性质)。同时,还在14条大概念中列出了4条关于科学的概念——“科学认为每一种现象都具有一个或多个原因”“科学上给出的解释、理论和模型都是在特定的时期内与事实最为吻合的”“科学发现的知识可以用于开发技术和产品,为人类服务”以及“科学的应用经常会对伦理、社会、经济和政治产生影响”。

(三)“大概念”的形成须从儿童早期概念为起点,通过连贯一致的课程得到逐步发展

关于学习进阶的相关研究揭示,要关注学生认知发展和已有生活经验,就必须设计出少而精、同一年级内以及跨年级之间连贯一致的中小学课程。美国科学促进协会在《科学素养的导航图》第一辑^①与第二辑^②两册书中明确阐释了科学、数学和技术等主题之间的内在联系,并对每一主题相对应的幼儿园至十二年级的学习目标提出了建议,进而为学生创造了一种可能:随着学生在学校学习的进步,他们可以有更高的水平来理解概念,从而发展他们对周围世界的认知能力。

本书所提出的支撑科学教育的基本原则中第4条和第5条就分别提到,“应给出为了达到科学教育各个方面目标的清晰进程,指出在不同阶段需要掌握的概念”以及“应该

从学生感兴趣并与他们生活相关的课题开始,逐步进展到掌握大概念”。同时,还在第三章依次描绘出了14条大概念的进展路径。

三、本书对科技博物馆科学教育带来的启示

(一)围绕“科学概念”与“关于科学的概念”进行展品及教育活动设计

美国国家研究理事会(National Research Council, NRC)在《非正式环境中的科学学习:人、场所与活动》^③这一报告中指出,在科技博物馆等场所中开展科学学习时,应聚焦于六个方面的目标。这其中就包括了“逐步概括、理解、记忆和运用与科学有关的概念、解释、论点、模型和事实”以及“反思科学,以此作为认识的方式;反思科学的过程、概念和机制;以及反思题目通过现象学习的过程”。而这两方面的学习目标所指向的内容,正是本书中所提及的“科学概念”和“关于科学的概念”。在面向公众设计和规划展品和教育活动时,应偏重于发展参观者的哪些科学概念和关于科学的概念,才能让展品及教育活动设计尽量符合参观者的认知水平、聚集于最具教育价值的内容上。阅读《科学教育的原则和大概念》一书及上文中介绍的相关书目将有助于对此问题展开深入的

① American Association for the Advancement of Science (AAAS). (2001). Atlas of Science Literacy, Volumes 1 [M]. New York: Oxford University Press Inc. 中译本《科学素养的导航图》由科学普及出版社2008年9月出版。

② American Association for the Advancement of Science (AAAS). (2007). Atlas of Science Literacy, Volumes 2 [M]. New York: Oxford University Press Inc.

③ National Research Council. (2009). Learning Science in Informal Environments: People, Places, and Pursuits. Washington D. C.: The National Academies Press. 中译本《非正式环境中的科学学习:人、场所与活动》由科学普及出版社2015年2月出版。

思考和分析。

(二) 引发参观者对科学现象的情绪或感官反应, 触动其基于直觉的日常概念, 形成科学的理解

在科技博物馆等环境下, 科学学习目标及结果会受到兴趣与动机、情感反应以及在生活中基于直觉形成的日常概念等因素的影响。而在科技博物馆这类经过设计的场所展开科学学习时, 最重要的挑战之一就是将参观者情绪的和感官的反应与具体的科学现象联系起来, 将科学思维与具有魅力和令人愉悦的活动以及真实世界的结果联系起来。^[11]《科学教育的原则和大概概念》一书中提出的“科学教育的10项原则”亦可作为博物馆产品设计的参考原则, 以深入思考怎样引发参观者对科学现象的情绪或感官反应。此外, 学习本书第三章中所描绘的科学概念发展进程, 并辅以上文推荐的相关书目的阅读, 也将有助于产品设计者理解参观者在真实世界中基于直觉形成的日常概念如何逐步发展为科学的概念。

参考文献

- [1] Lisa Fratt. Less is more: trimming the overstuffed curriculum[EB/OL]. [2017-06-09]. https://florida.iaa.com/pdf/articles/Less_is_More.pdf.
- [2] Committee on Conceptual Framework for the New K-12 Science Education Standards, National Research Council. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and

Core Ideas[M]. Washington D. C.: The National Academies Press, 2012: 1-3, 25-26.

- [3] 维果斯基著, 余震球译. 维果斯基教育论著选[M]. 北京: 人民教育出版社, 2004: 11.
- [4] Ron Brandt. On Teaching for Understanding: A Conversation with Howard Gardner [J]. Educational Leadership, 1993, 50 (7): 4-7.
- [5] Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics. Private Universe Project in Science, Workshop 2 Biology: Why Are Some Ideas So Difficult? [EB/OL]. 1995. [2017-06-09]. <http://www.learner.org/resources/series29.html?pop=yes&pid=84#>.
- [6] 张颖之, 刘恩山. 核心概念在理科教学中的地位和作用——从记忆事实向理解概念的转变[J]. 教育学报, 2010, 6(1): 57-61.
- [7] 杨文源, 刘恩山. 为了理解的教学设计: 从指向核心概念的问题开始[J]. 生物学通报, 2014 (01): 28-33.
- [8] 刘晟, 刘恩山. 学习进阶: 关注学生认知发展和生活经验[J]. 教育学报, 2012, 8(2): 81-87.
- [9] American Association for the Advancement of Science (AAAS). Science for all Americans[M]. New York: Oxford University Press Inc. 1989: 107-117.
- [10] Trilling, B. & Fadel, C. 21st century skills: learning for life in our times [M]. San Francisco, US: Jossey-Bass. 2009: 3-19.
- [11] National Research Council. Learning Science in Informal Environments: People, Places, and Pursuits[M]. Washington D. C.: The National Academies Press, 2009: 128.