

How Students Learn

主 编:

【美】M. 苏珊娜·多诺万
约翰·D. 布兰思福特

丛书主编: 孙智昌 郑 葳

翻 译: 宋时春

审 校: 郑 葳 孙智昌

学生是 如何学习的

—— 课堂中的科学

SCIENCE IN THE CLASSROOM



GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS
广西师范大学出版社

How Students Learn

主 编:

【美】M. 苏珊娜·多诺万
约翰·D. 布兰思福特

丛书主编: 孙智昌 郑 薇

翻 译: 宋时春

审 校: 郑 薇 孙智昌

学生是 如何学习的

—— 课堂中的科学



GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

广西师范大学出版社

· 桂林 ·

This is a translation of *HOW STUDENTS LEARN: Science in the Classroom* by M. Suzanne Donovan and John D. Bransford, editors, Committee on How People Learn: A Targeted Report for Teachers, National Research Council © 2005. First published in English by National Academies Press. All rights reserved. This edition published under agreement with the National Academy of Sciences.

著作权合同登记号 桂图登字: 20-2007-013 号

图书在版编目 (CIP) 数据

学生是如何学习的: 课堂中的科学 / (美) 多诺万,
(美) 布兰思福特主编; 宋时春译. — 桂林: 广西师范大学出版社, 2011.3

ISBN 978-7-5495-0386-5

I. 学… II. ①多…②布…③宋… III. 科学知识—中小学—教学参考资料 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 019779 号

广西师范大学出版社出版发行

(广西桂林市中华路 22 号 邮政编码: 541001
网址: <http://www.bbtpress.com>)

出版人: 何林夏

全国新华书店经销

桂林日报印刷厂印刷

(广西桂林市八桂路 2 号 邮政编码: 541001)

开本: 880 mm × 1 240 mm 1/32

印张: 9.25 字数: 215 千字

2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷

印数: 0 001~3 000 册 定价: 25.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂联系调换。

译者序

—

《学生是如何学习的——课堂中的历史、数学和科学》一书,是由美国科学院研究委员会行为及社会科学教育分会组织编写的一部具有开创性的教学论著作。该书由国际著名的学习科学家约翰·D·布兰思福特和具有丰富教学经验的M·苏珊娜·多诺万担任主编;十多位在学科教学、课程设计和学习理论研究方面都具有深厚素养的杰出学者参与研究与撰写。全书积极回应时代对教育的要求,将《人是如何学习的——大脑、心理、经验及学校》中提出的学习原则运用于教学领域,以极其丰富、鲜活的案例阐释了学生在具体学科中的学习与发展,以及教师的有效指导。它使学习理论进一步具体化,有力地促进了学习科学的发展、教学的发展、评价的发展和课程变革的针对性,对我国的教育教学理论与实践具有重要的启发意义,亟须我们深入研究和借鉴。

二

该书是一系列变革的产物。

首先是教育目标变革的结果。教育目标是人们对人才规格的界

定和对教育质量的期望。时代不同,人们对人才规格和教育质量的认识和要求有别。20 世纪初期,在教育关注量的普及阶段,人们重视的是文化技能的获得,简单的读、写、算能力是教育质量的重要标志,记忆和再现现成知识是基本的学习方式。随着教育普及的完成,特别是信息文明和知识经济的出现,当质量成为教育生死攸关的重要问题之后,为了适应复杂的社会生活,创新精神和实践能力逐渐演变为教育质量的核心,批判性思考、清晰而有说服力地表达、解决科学和社会生活中的复杂问题、理智地参与和推进社会民主生活、成长为具有独立自主精神的终身学习者,既是学习的对象,又是基本的学习方式。

其次是学习研究方法论变革的产物。心理学对学习的研究,自冯特于 1879 在德国的莱比锡创建第一个心理学实验室、用内省法研究人的心理以来,一直以实验室研究为主,以机械分析和还原论的方法论为指导。20 世纪前半叶,在行为主义的主导下,将人的学习简化为刺激与反应的联结,将从实验室获得的动物学习经验类推到人的学习,练习与强化成为人与动物共同的学习方式,从而将人类复杂的学习现象极大地简单化与机械化,严重缺乏解释力和引导力。但是,自 20 世纪 50 年代末期认知科学崛起以来,对人类学习的研究主要从两个方面逐渐完成了方法论的转化。一是多学科和跨学科的研究。如今,对人类学习的研究已不仅仅是心理学的研究对象,而是心理学、认知科学、社会学、人类学、系统科学、脑科学、教育学以及学校所开设的各门具体学科共同的研究对象,各学科、各领域学者的共同参与与对话,成为学习研究的基本态势。整体综合的、生态分布式的思维方式成为学习研究的重要方法论。二是从实验室研究转向真实的课堂研究。即便是认知科学刚刚兴起之际,科研工作者的研究依然是远离课堂的,一线工作者也很少关注心理学家对学习的研究成

果,由此,理论与实践相脱离这一长期困扰教育界的难题迟迟得不到解决。今天,学习研究者更多的是与教师合作,在真实的课堂中检验和改进他们的理论,形成了理论与实践共同促进的格局。这些都不仅大大深化了人们对学习的认识,正在不断地改善教育教学实践,而且还催生了学习科学的诞生。1991年《学习科学杂志》的创刊,2002年“国际学习科学学会”的成立,是学习科学形成的标志。

再次是新技术出现的产物。以计算机和信息技术为代表的新技术自诞生以来,已经改变了人们的生产和生活方式,也深刻地改变着人类的学习和人们对学习的认识。这些新技术与新的学习科学原理相一致,因而正在使它们向良性互动的方向发展。诸多新技术能够为学生创造一种做中学、及时反馈、互动交流、不断精练和深化各自理解的学习环境;能够将那些难以理解的概念可视化,充分发挥人类学习中形象编码的巨大潜力,促进人类认知的成效与发展;可提供连接海量信息源的通道,以加强所有学习者的学习。尽管人们对新技术与学习的诸多关系还远远没有认识清楚,但它们的这些特征正在深化和改变着人们对学习、学校的认识,在克服学习者惰性知识的产生,方便知识的迁移,转知成识,形成能力,优化学习环境,形成与创建学习共同体等方面的巨大潜力不断引起人们的兴趣,有力地推动了学习科学的发展。

三

该书将学习理论研究的成果高度概括为三条基本的学习原则、四种学习环境设计,运用学生在历史、数学和科学学习中的大量鲜活事例证明和扩展了学习理论。

三条基本的学习原则是:(一)学生的任何学习都是在他们关于

世界如何运作的前概念基础上发生的。在教学中,如果对他们所拥有的前概念没有充分考虑的话,那么他们很可能就无法掌握新的概念和信息。或许他们为了考试能够记住这些新知识,但考完以后又回到了原来的前概念。(二)为了养成探究能力,学生必须:(a)具有深厚的事实性知识基础;(b)在一个概念框架内理解事实和观点;以及(c)对知识加以组织以便提取和运用。(三)“元认知”的教学方法可以帮助学生通过确定学习目标及监控达成目标的过程,来学会控制自己的学习。总之,它将学生的学习从以往行为主义的记忆、练习、再现扭转到了深刻理解、探究发现、自主建构与社会建构以及灵活运用、广泛迁移、注重能力的路径之上;是学会认知、学会做事、学会共同生活、学会生存的学习理论。

四种学习环境设计是运用上述基本学习原则重塑教学与学校的努力与体现。它包括学习者中心环境、知识中心环境、评价中心环境和共同体中心环境。学习者中心环境的设计,要求有效的教学必须把当前的教学任务与学习者已有知识联系起来,学习者的已有知识包括文化实践和信仰,以及学科内容知识,其中大部分来源于生活世界。学习者的已有知识有时支持新的学习,有时却阻碍新的学习,但无论如何,它都毫无例外地影响学生学习的_{发生},所以都必须对其给予高度重视,否则学生的学习将是低效的甚至是不可能发生的。知识中心环境的设计直接来源于专家与新手的_{研究}。研究表明,专家的知识是拥有丰富事实性细节的、在概念框架统领下的、组织完好和提取顺畅的条件性知识。这要求知识中心环境的设计必须重视在核心概念的组织下,引导学生建构事实丰富、便于提取和迁移的知识结构;课程设计必须将核心概念、事实性知识平衡处理,并与学生的当前理解联系起来,避免只给学生灌输零散知识的课程。评价中心环境的设计突出了形成性评价的重要作用。反馈对学习来说是基本

的,但课堂上的反馈并不常见,大行其道的终结性评价,突出了对学生的甄别与选拔功能,而不是给学生提供修改和改进思维与理解的机会。为此,强化形成性评价的价值与意义,促进学生的理解性学习,是评价中心环境设计的重要原则。共同体中心环境的设计,强调知识的分布性,以及学生学习的自主建构与社会建构的统一。相互讨论,接受反馈,促进反思,提高学习的动机与机会,是共同体中心环境的特征。总的来看,这四种学习环境是从不同的视角对理解性学习的深化认识,在一个真实的学习环境中,虽然各有侧重,但总是“四位一体”、不可分割的。

该书的突出特点是将上述三条基本的学习原则与四种学习环境设计予以充分的具体化。如果说在《人是如何学习的——大脑、心理、经验及学校》一书中,以上重要观点还具有理论的灰色性的话,那么,在本书中,几乎所有观点都变得活灵活现、可触可感、深具借鉴价值了。

例如,关于学生的前概念,在历史学习中,开始时许多学生就根本没有人们是如何认识过去的意识,即便有了这种认识,大多数学生仍坚持必须有人亲历或亲眼目睹事情的经过,如实记录下来以后,人们才能了解过去,而没有对证据概念的深刻理解;几乎所有学生都分不清“历史作为事实”和“历史作为事实记载”的区别。在数学有理数的学习中,由于受整数概念的影响,有学生认为分数 $1/3$ 和 $1/4$ 一样大,并用图做了演示,说两者上面都是“1”,都缺一块。在有关科学的“光”的学习中,有孩子分不清“光”与“影子”的区别,认为它们都是物体,等等。

关于各个主题学习中的核心概念,全书都进行了很有启发的探讨。在历史部分,作者研究和整理出了时间、变化、移情、原因、证据和记载等一系列学科性“二级概念”以及有关的“实体概念”(学科内

容知识),它们是学生通过历史学习能够真正“历史地”看问题的根本。在数学的整数学习中,作者根据发展心理学的研究成果和多年的项目研究与教学实践,整理出了4—8岁孩子应该掌握的整数核心概念。如对题目:“如果你有四块巧克力,别人又给了你三块,现在你一共有多少块巧克力?”学生需要掌握的核心概念网络结构就有:(1)知道从1到10的点数顺序,知道每一个数词在这个序列中的位置(比如,5在4后面,7在8前面);(2)知道4属于一个特定大小的集合(比如,它比5的集合少1,比3的集合多1),因此不需要从1开始向上数,去获得对集合大小的判断;(3)知道在问题中“多”这个词的意思,4块巧克力这一集合将增加问题中给出的准确数量(3块巧克力);(4)知道在点数序列中每向上数一个数字都准确对应着集合大小中一个单位的增加;(5)因此,这就使得从4开始向上数,说出数字序列中4后面的3个数,计算出合情合理的答案(或者直接从记忆中提取4加4的和,得到“8”,再在序列中向回数一个数字)。这是一个复杂的知识网络。如果没有对这些核心概念结构的掌握,即便是上述这样简单的计算题,学生也难以熟练地掌握。在科学课程的学习中,突出了科学探究的作用,有关的核心概念也是与此紧密相关的,如生物学中关于基因的学习,就包括孟德尔的简单显性模型、等位显性模型和多重等位基因模型。通过对它们的深入比较与应用,学生便可建构结构良好、提取灵活、便于迁移的知识结构,形成能力。

关于学生的元认知发展,全书是通过贯穿始终的讨论、协商、争论、点拨等方式来予以促进的,特别是“认知角色”的运用,极大地促进了学生元认知意识与能力的发展。如贝恩在有关哥伦布探险一节的学习中,根据学科所特有的劳动分工,让每个学生或每组学生“成为”一种特定历史问题的质疑者,如寻找支持或反驳有关资料的“证实者”,追问资料作者的“来源者”和探讨过程中的融入背景者,等等。

这样,学生在学习过程中不再是一个“旁观者”,而是深入问题情境并承担一定角色任务的“当局者”,突出了学习的责任意识。同时,这样的学习还不同于普通的“合作学习”,因为合作学习是将一个大问题(主题)分解为小问题(主题),分别学习,然后汇报,协作与社会性显得不足。而“认知角色”性的学习,除具有“合作学习”的优点和特征外,增强了学习的社会性,从而发展成为一种“协作学习”,更有利于促进学生的元认知发展和知识的社会建构。以上只是举例说明,全书中这样鲜活的事例比比皆是。

该书显性呈现的主要是三条基本的学习原则,它是全书的核心概念结构,历史、数学、科学中的大量例证是它丰富的“事实性知识”,两相辉映,为读者呈现了一部有血有肉、充满智慧、可圈可点的学术名著。而四种学习环境的设计基本上作为暗线渗透其中的。同时,全书强调文化的重要性,无论是学生个体的前概念,还是学习过程与结果,都深受自己所生存的家庭、社区以及更大的共同体的文化的影响。如有的社会强调个人竞争,而有的社会强调集体合作,有的强调儿童在成人社会中听的价值,有的强调主动表达等,这些都深刻地影响着儿童的学习。立足现代社会,需要突出质疑、尊重和冒险的文化,构建学习共同体,培养具有适应性专长的、创新性的终身学习者。

四

在教学理论与实践,教师中心与儿童中心、知识中心与经验中心、教室中心与活动中心一直是人们反复探讨的核心问题,也是至今没有予以透彻证明的和正确而有效地进行实践运用的问题。但在本书中,作者以大量坚实有力的事例很好地论证和处理了这一个个难

题,走出了二元论的困局,开辟出了一个立足学生学习的教学新境界。

在以学生学习为中心的教学环境中,教师中心与儿童中心,或教师主导(主体)与儿童主体是统一的,不存在二元性的悖论。不管是探究发现学习,还是教师直接讲授下的接受学习,都没有贬低教师和教师进行知识传授的意义与价值,即便是所有活动基本上都由学生自己做主、教师退居幕后的学习中,教师依然是主导或领导,只不过是“非指导”的形式发挥着更加重要和高明的领导。但其领导绝非“专制”。学生自始至终是学习的主体,但绝非没有领导的主体,而正因为有教师的领导,他们才能够发挥更大的主体作用,不断发展自身的主体性。

在这样的学习环境中,知识中心与经验中心也达到了完美的统一。全书以一条条令人可信的证据证明了学生的学习是建立在自己经验基础上的,不管其经验是促进学习还是阻碍学习,都要通过这一关口。这样,它便承认了学习者个体经验(知识)的合法性,从而为学生的有效学习和教师的有效教学提供了坚实的抓手。全书对核心概念结构以及核心概念与事实性知识关系的探讨,强调了知识的极端重要性,将其看成是学校、教学存在的根本依据。就此而言,学生的学科学习就是要从常识观点看世界发展到以专家观点看世界,生成一个个专家视角,因此,学生的学习就不可能出现贬低知识的问题。由此可见,在教学中重视知识,永远是正确的。

教师中心与儿童中心、经验中心与知识中心的统一,决定了教室中心与活动中心也是统一的。长期以来,非此即彼的思维方式将教师主导与学生主体、知识掌握与活动体验、接受学习与探究发现学习等看成是对立的乃至不可调和的。而立足于三条基本的学习原则和四种学习环境设计的学习者的学习,彻底消解了这一系列的二元对

立,在学生发展的总目标下,将其予以有机统一。它是在核心概念结构引导下、基于儿童自身经验的自主建构和社会建构,正是在这样的建构中,儿童自身得以发展。如此一来,儿童的接受学习不再是简单的记忆、背诵与考试时的再现,而是儿童在现有经验基础上的专家型知识建构;探究发现学习也不是机械的和另搞一套的“问题情境——问题提出——实验验证——得出结论——反思”,而是从问题走向更大、更新的,开放的、不断发展的问题的过程。在这样的过程中,学生的知识不断改造与更新,开放、创新的人格不断形成,从而使自身得到实实在在的发展。

五

四年以前,广西师范大学出版社就独具慧眼地购买了这一世界教育名著的版权,并委托我们翻译。由于我们手头科研任务重,工作繁杂,加之翻译的难度大,使得这一任务迟迟难以完成。最后,经过译者和主编的艰苦努力,这一重要著作终于与广大读者见面。在此,我们非常感谢支持该书出版的广西师范大学出版社社长何林夏先生,是他高度关心我国教育事业的精神才使该译著能够在国内面世。非常感谢已经退休的广西师范大学出版社原教师教育书籍编辑室主任宋铁莎老师,是她具体将这一任务交付给我们,使我们有缘结交这一名著。同时感谢具体负责该书出版的肖星明、李永光等老师,他们的高度责任心,使本译著增色不少。

本书原为卷帙庞繁的一卷本,达 600 多页,翻译稿 700 多页,严重影响阅读效果。为了便于读者阅读,我们决定将其分册出版,但对原书的章节未做更动,只是将其序号作了更改,数学分册的第 1、2、3、4 章是原书的第 5、6、7、8 章,科学分册的第 1、2、3、4、5 章是原书的第

9、10、11、12、13 章,历史分册的序号依旧。

本书翻译的具体分工如下:历史分册的第 1 章:郑葳;第 2、3、4 章:张晓光;数学分册:史亚娟;科学分册:宋时春。全书由孙智昌、郑葳主编,翻译初稿成形后,由郑葳、孙智昌反复进行了多达十多遍的修改,并多次让译者核对修订,最后由两位主编定稿。由于我们水平有限,译作中错误和不足之处在所难免,敬请各位方家批评指正。

孙智昌 郑葳

2010 年 11 月于北京

目 录

1 科学探究与人是如何学习的

M. 苏珊娜·多诺万、约翰·D. 布兰思福特

原则 1: 呈现前概念	3
原则 2: 了解什么是“做科学”	8
原则 3: 元认知	13
有关《人是如何学习的》一书的框架	18
结论	22
注释	22
参考文献	24

2 小学阶段促进“光”的科学知识与推理能力形成的教学

雪莉·J. 迈格努森、安玛丽·萨利文·帕林卡萨

有关光的学习	29
通过探究来学习“光”	35
通过循环调查来支持学习	77
具体学科知识在有效科学教学中的作用	85
结论	87

注释	88
参考文献	91

3 科学课堂的指导性探究

詹姆斯·敏斯特尔、帕梅拉·克劳斯

单元:重力的本质及其影响	99
总结	138
注释	140

4 通过基于模型的探究发展理解力

詹姆斯·斯特沃特、詹妮弗·L.卡特尔和肯斯娅·M.帕斯默

基因	143
在高中进化论课程中形成达尔文“自然选择模型”	171
支持理解性学习的课堂环境	187
总结	194
注释	195
参考文献	198

5 拉线

M·苏珊娜·多诺万、约翰·D.布兰思福特

使用富有弹性的前概念	203
围绕核心概念组织知识	211
支持元认知	215
学习原则与课堂环境	223
注释	226
参考文献	227

委员会成员及著者简介	229
------------------	-----

索引	237
----------	-----

- ◎ M. 苏珊娜·多诺万
- ◎ 约翰·D. 布兰思福特

1

科学探究与人是如何学习的

我们许多人都是在学校通过教科书来学习科学的，这些教科书反映了科学家经年累月地研究得出的结论。这样，学习科学就意味着了解科学术语的定义和过去的重大发现。例如，我们知道昆虫的身体分为三个部分、有六条腿；水(H_2O)分子是由两个氢原子和一个氧原子构成的；太阳系中的行星围绕着太阳旋转，地球的引力使我们待在地球上；等等。擅长科学意味着尽可能准确、完整地再现诸如此类的知识，这种类型的教学关注的是科学家知道什么。

当然，我们许多人也学习过“科学方法”。尽管略有不同，但典型的步骤包括“形成假设、设计一种方法以验证假设、进行验证、在所发现的材料基础上形成结论，以及交流发现”。通常，关于科学方法的知识仅仅是一两套需要记忆的事实，但是有些人却获得了运用这些科学方法去做实验的机会。我们可能会去试验是湿纸巾还是干纸巾能够承受最大的重量；铝箔、纸、羊毛中，哪一种对土豆保温最好，如此等等。在科学教学中，这种对科学方法的强调往往在于让学生理

解科学家是如何认识这个世界的。如此这般的大部分科学教学(“是什么”和“如何做”)是与《人是如何学习的》(*How people learn*, 参见历史分册第1章)一书中所强调的原则相悖离的。

在过去的十多年里,人们进行了两项重要的全国性研究,为创造更加有效的科学教育提供了三条新的方针和标准。这些新的方针强调帮助学生达到如下结果:(1)熟悉一门学科的概念、理论和模式;(2)理解知识是如何产生的以及它们是如何得到证实的;(3)能够运用这些理解进行新的探究。^①乍一看,上文所描述的传统科学教学似乎非常适合这些标准。第一条(强调熟悉一门学科的概念、定义、模式)看上去所关注的是科学家知道些什么;第二条(强调理解知识是如何产生和得到证实的)关注点为它们是如何知道的。如果我们让学生进行实验,这似乎与第三条方针(强调能够进行新的探究)相符合。就像郎尼的鱼(参见历史分册第1章)一样,我们可以把新的标准移植到我们现有的经验上。

然而,新的方针以及在《人是如何学习的》一书中所强调的原则,都预示了一种非常不同的教学方法。比如,仅仅告诉学生,科学家已经发现了什么,并不足以帮助他们改变对重要科学现象的现有的前概念。^②同样,仅仅让学生遵循“科学方法”的步骤,不足以帮助他们形成有关的知识、技能和态度,从而使他们能够理解“做科学”意味着什么,并加入到更大的科学共同体中。我们所经历的大多数科学课程普遍缺乏元认知教学,这无助于学生学会如何学习,也无法使学生个人以及小组进行探究。更为重要的是,学生在采取个人的质疑立场、寻求支持性或矛盾性的证据方面,都没有得到有力的支持,而这些正是科学事业的标志。

下面三章将提供一些实例,这些实例与我们大多数人所经历的科学教学不同。它们与国家研究委员会(National Research