

教育传播与技术研究手册

第四版

下册

Handbook of Research on
Educational Communications and Technology

· Fourth Edition ·

J. Michael Spector M. David Merrill

Jan Elen M. J. Bishop 主编

任友群 焦建利 刘美凤 汪琼 顾小清 闫寒冰 主译

教育传播与技术研究手册

第四版 下册

Handbook of Research on
Educational Communications and Technology

· Fourth Edition ·

J. Michael Spector M. David Merrill

Jan Elen M. J. Bishop 主编

任友群 焦建利 刘美凤 汪琼 顾小清 闫寒冰 主译

第五部分 具体领域的策略与模型

M. David Merrill, Jan Elen

此次《手册》第五版旨在为教育技术学研究社群提供一个对领域—具体教学/学习策略与模型进行审视和回顾的机会。在《手册》第三版(Spector, Merrill, van Merriënboer 和 Driscoll, 2008)中,在有关具体领域策略一章获得读者积极肯定的基础上,《手册》第五版这一部分也被继续保留。但是,由于这一部分的内容全部是新写的,因此,所有内容都不同于以往各个版本的,在这一部分中的研究发现和这些章节中报道的趋势和展望也是全新的。在这一部分中涵盖的领域包括自然科学、健康医疗、数学、工程、社会研究、视觉艺术、素养。当然,还有其他一些领域在教育技术学中扮演着重要作用(比如,语言学习),我们期望更多的领域可以被涵盖于本手册的未来版本之中。

这一部分以 Ji Shen 及其同事对科学教育领域中技术增强的教学相关研究的回顾开篇。其中特别关注了学习科学方面的认知的、社会的、课程方面的模型以及相应的脚手架策略,既包括定性的建模与策略,也包括定量的建模和策略,尤其是中小学情景中的相关建模与策略。在这一章中,作者讨论了在各种研究情境中学习系统思维、基于模型的推理以及科学探究的培养问题,这些研究情境均涉及基于技术的系统,比如 River City, Model - It, 以及分子工作台(Molecular Workbench)等。作者指出,尽管有功能如此强大的学习系统,但是,在科学教育课程中,依旧缺乏足够证据显示技术与课程的有效整合——教育实践依旧远远落后于相关的技术和研究成果,这些技术和研究成果是与这些科学教育学习环境紧密联系在一起。

医疗健康领域中的认知任务分析一章是由 Richard Clark 执笔的,这一章显得与众不同。也许,这是因为医疗健康领域涉及生命和死亡议题,而健康教育社群通常都得到了充足的基金资助,教育技术对这个领域的影响相对而言是更加普遍深入、无处不

M. D. Merrill, Ph. D.

Utah State University, Logan, UT, USA e-mail: professorsdavidmerrill@gmail.com

J. Elen KU Leuven, Leuven, Belgium

在的。从某种意义上说,现在的重点是,认知任务分析(CTA)是如何被应用于健康教育之中的,又是如何产生诸多积极和可持续的成果。医疗实习生在积极地发展技能,而在这一章中深入讨论的认知任务分析方法揭示了技能是如何被分析的,以及它们又是如何被有效地用于支持教学设计过程的。在这一章中深入讨论的细节包括外科学的例子。在医疗社群中,教育技术已经被学术共同体真心诚意地接受了,而根据 Clark 的看法,认知任务分析的应用还尚未得到充分地实施和应用。

由 Verschaffel 和 Greer 执笔的有关数学教育一章,不仅向读者报道了该领域所取得的令人瞩目的成就,而且揭示了该领域是如何用技术来支持学习的。这一章开篇引用独立宣言,强调了数学知识及其获得既是领域独特的,同时又难以从所有的领域独立的学习理论、认知理论或技术整合理论中全部受益。这一大胆陈述虽然是合情合理的,但它似乎很可能会造成某种程度上的误导。由 Clark 所讨论的 CTA 程序应该能够应用于数学教育领域,并且已经被应用于数学教育领域了。不仅如此,有经验的教学设计都会欣然认同,内容及其掌握是最重要的。不仅认识到数学知识的领域独特性是非常重要的,而且,也可以针对其他几乎所有领域的知识而作出此种论断。过分夸大领域特殊性的风险在于,它会进一步使得教育技术和教学设计技能支离破碎,结果导致学术人才和实践人才的培养过程中的自我束缚。正如教学设计实践人员可以从诸如建筑之类的其他领域的设计技能中受益一样,教学教育也一定能够从源自于其他领域的教育技术技能中大受裨益。由 Verschaffel 和 Greer 引发的有关真实的数学教育、设计研究、高阶推理以及其他议题,向人们展示了一种意识的觉醒,这种意识是通过审视具体的数学领域、找到恰当的方法和策略来增强数学推理能力的发展的。

由 de Graaf 和 Kolmos 执笔的这一章强调了技术在促进创新、支持工程教育研究方面的作用。绝大多数讨论聚焦于在欧洲和北美的工程教育研究,这些研究为学界提供了一组丰富的个案和研究实例。在这一章结尾,作者为读者提供了工程教育研究的一个纲领,这个纲领对于本《手册》之第五版的编辑特别有用。同时,他们也痛惜于工程学术社群中存在的这样一种事实,即工程教育研究的价值,往往无法获得与具体的工程技术研究一样高的评价。在其他一些领域,这种情形也是普遍存在的,这就为其他一些领域中工作的严肃的教育研究者提出一个严峻的挑战。

由 Green, Ponder 及 Donovan 执笔的有关社会研究教育领域中的教育技术一章,突出强调了这样一个事实,即 21 世纪的技能包括许多技术技能,它们通常构成了社会研究教育中的一个重要组成部分。因此,从某种意义上说,这一章是在一个具体领域中有关技术应用研究的,这个领域本身就是那种技术占据重要地位,并且构成了有关课程核心特征的那种领域。诚如作者所表明的那样,社会研究的主要目的在于帮助

学生成为负责任的社会公民,成为具有具备知悉时事、能作出合情合理决策能力的社会公民。因此,从一个更加重要的层面来看,公民技能这个概念,除了其他一些内容之外,还包括发展学生的 21 世纪技能。诚如作者所言,作为一个学科,社会研究还是相对比较年轻的,加之成为一个富有责任感的社会公民所需要的知识和技能是急剧变化的,因此,这个领域的研究既是特别有意思的,同时又是充满挑战的。就像其他一些领域一样,社会研究领域也正在经历着一场运动,一场从以教师为中心的教学模式向更加以学生为中心的途径转变的运动。

由 Lockee 和 Wang 执笔撰写的有关视觉艺术一章强调了这样一种事实,图像代表了人之所以为人的因素中一种更加持久的因素,图像在文化和社会中占据着中心位置(从史前的岩画到现在的诸如 Facebook 和 Youtube 之类的新形式)。考虑到图像和视觉表征所拥有的中心地位,视觉艺术教育的重要性便变得显而易见了。现代数字学习环境从图形图像和其他媒体方面获得了巨大的受益,这些媒体中绝大多数本身要么是支持学习的一种必需,要么本身直接就是学习的对象。这一章不仅为读者提供了一部有关视觉艺术教育的简短的历史画卷,而且详细揭示了数字技术在视觉艺术方面的巨大影响力。

在上一章有关社会研究教育中讨论的 21 世纪技能当然也包括释读视觉表征相关的技能。通过分析如何为了不同的目的来发展创建视觉表征物的技能,在这一章中,作者将这一讨论向前推进了一步,并且分析和报道了尚处于婴幼儿期的视觉艺术教育研究的新进展与成就。

本部分的最后一张是由 Connor, Goldman 和 Fishman 三人合作完成的。在这一章中,作者重点分析和介绍了从学龄前到高中毕业这样一个学段中支持学生素养发展技术相关的研究。在这个领域,在过去一些年,有大量的研究涌现出来,技术开始的支持学生素养(阅读和书写技能)发展方面发挥着中心作用。作者对技术在评估学生素养技能方面的作用进行了总结,而借助技术来评估学生的素养和技能是这个领域目前最受欢迎的研究议题。计算机辅助评价在许多领域都非常普遍,作者就技术在支持评价和评估方面的作用给予了恰如其分地处理。不仅如此,作者还强调了技术在教师专业发展中发挥的重要作用。总体而言,作者报道了鼓舞人心的研究成果,这些成果相对于长期以来所形成的对以培训、研究和技术支持为形式的素养发展的重视而言,也许,一点儿也不令人感到吃惊。

我们坚信,《手册》中有关具体领域的研究这一部分将会继续拓展,并继续构成未来版本中的重要组成部分。显而易见,教育技术是多学科性的(多学科交叉以及被应用于多个不同的领域),为此,它天然地是横跨于各学科之间(为了有效地设计、开发和实施,就需要多个学科的参与),它也越来越多地表现出跨学科的特色(以一种整体

的方式, 横跨和囊括多个学科——即一种构成其他学科和创生其他学科的元学科) (Spector 和 Anderson, 2000; Spector, 2012)。

(焦建利 译)

参考文献

Spector, J. M. (2012). *Foundations of educational technology: Integrative approaches and interdisciplinary perspectives*. New York, NY: Routledge.

Spector, J. M., & Anderson, T. M. (Eds.). (2000). *Integrated and holistic perspectives on learning, instruction and technology: Understanding complexity*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Press.

* Spector, J. M., Merrill, M. D., van Merriënboer, J. J. G., & Driscoll,

M. P. (Eds.). (2008). *Handbook of research on educational communications and technology* (3rd ed.). New York, NY: Routledge.

* 表示主要参考文献。

科学教育中的技术增强的、基于建模的教学

JiShen, Jing Lei, Hsin-Yi Chang, Bahadir Namdar

引言	660
促进科学探索	661
促进基于建模的思维	663
定性建模和定量建模	663
计算机化的思维习惯	664
系统思维	665
促进协作式学习	667
设计支架式的技术增强的、基于建模的教学	668
结论	670
参考文献	670

摘要

在本章,我们回顾了最近科学教育中关于技术增强的、基于建模的教学(technology-enhanced, modeling-based instruction, 简称 TMBI)的研究与发展。我们描述了科学学习的认知、社会和课程设计方面的内容,它们在 TMBI 环境下得到促进。我们着重指出了对于科学思维非常重要的定性与定量建模、计算思维以及系统思维,提到了在 TMBI 科学教育场景中典型的协作式学习,同时还提出了科学课程中与 TMBI 相关的支架策略。

J. Shen, Ph. D. (✉) · B. Namdar Department of Mathematics and Science Education, College of Education, The University of Georgia, 212 Aderhold Hall, Athens, GA 30602, USA e-mail: j. shen@miami.edu; bahanamdar@gmail.com

J. Lei, Ph. D. Department of Instructional Design, Development and Evaluation, School of Education, Syracuse University, 336 Huntington Hall, Syracuse, NY 13244, USA e-mail: jlei@syr.edu

H.-Y. Chang, Ph. D. Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University, No. 62, Shenhong Road, Yanchao District, Kaohsiung 824, Taiwan e-mail: hsinyichang@nknuc.nknu.edu.tw

关键词

模型;基于模型的推理;计算模型;系统思维

引言

科学家通过开发概念上的、物理的、具象的和计算机模型来探索自然。这些模型可能代表某种现象的一个方面,勾勒出一个系统相互作用的成分,并量化相关变量之间的关系,以帮助解释和预测一个事件(Clement, 2000; Gilbert, 1993)。科学模型可能会随着时间而演变,有些被延续下去,而有些则被摒弃。科学模型已经成为科学语言的基本要素。

基于建模的教学是一种创新的科学教学与学习方式,它鼓励学生创造、使用、分享和评估模型,以表征和解释科学过程与现象。在过去的三十年,人们研究并实施了基于建模的教学,并证实了其能够有效提高学生的概念理解、批判性思维和科学探究能力(Hart, 2008; Hestenes, 1987; Khan, 2007; Lehrer 和 Schauble, 2006; Passmore 和 Stewart, 2002; Schwarz 等, 2009; Sell, Herbert, Stuessy 和 Schielack, 2006; White, 1993; Windschitl, Thompson 和 Braaten, 2008)。通常,基于建模的教学方式有以下特点:(1)基于建模的教学能够使使学生积极地参与学习,因为他们创建、测试并修改他们的模型的过程(Hestenes, 1987; Penner, Gilles, Lehrer 和 Schauble, 1997; Schwarz 等, 2009; White, 1993),类似于科学家在自己的领域内不断地创建和测试科学模型时的过程(Gilbert, Pietrocola, Zylbersztajn 和 Franco, 2000; Schwartz 和 Lederman, 2005; Tomasi, 1988; Zhang, Liu 和 Krajcik, 2006);(2)基于建模的教学采用了多种多样的表征方式和替代模型,其中包括物理模型(实体模型)、计算机可视化、图形、数学公式、人类角色扮演模式等,可以满足具有不同学习风格的学习者的需要(Ardac 和 Akaygun, 2004; Kozma, Chin, Russell 和 Marx, 2000; Mayer 2005; Shen 和 Confrey, 2007, 2010);(3)基于建模的教学能够促进同伴学习社群的形成,因为学生们可以一起创建模型,与同伴交流各自创建的模型,评估备选模型,从而有利于学生们更好地理解复杂的科学话题(Gilbert 和 Boulter, 1998; Papert, 1991; Lehrer 和 Schauble, 2006; Tobin, 1993)。

信息通信技术的快速发展不仅极大地扩展了用于科学学习建模的媒体的种类,而且显著地改变了基于建模教学的传统学习环境。人们已经开发了许多针对 K-12 科学教育的技术增强的、基于建模的教学(technology-enhanced, modeling-based instruction, 简称 TMBI)环境(Barab, Hay, Barnett 和 Keating, 2000; Frederiksen, White 和 Gutwill, 1999; Levy 和 Wilensky, 2008; Linn 和 Hsi, 2000; Perkins 和, 2006; Stratford, Krajcik 和 Soloway, 1998; Wieman, Adams 和 Perkins, 2008; Wu, 2010; Wu, Krajcik 和 Soloway, 2001)。这些 TMBI 环境使学生能够大范围地建模科学现象,尤其是那些在日常生活中太小而难以看见的、太抽象而难以表征的、太复杂而难以理解的,或者太危险而难以在现实中探究的现象。这些环境也建立了许多新的合作形式,使学生可以在班级内或者班级之间一起建模(Gobert 和 Pallant, 2004; Linn 和 Eylon, 2011)。另外,其中的许多环境可以提供即时的反馈和自动的支架辅助。

这使得学习经历变得更加以学习者为中心,因此学生可以管理他们自己的学习步调,并且获得个性化的教学指导(Hannafin 和 Land, 1997)。

本章中,我们回顾了科学教育中与 TMBI 相关的最新技术和教学法的进展情况。我们使用那些已经过实例验证的,能够有效帮助学生学习科学的案例。我们按照以下四个主题来组织本章内容:促进科学探索,促进基于建模的思考,加强基于合作的建模,设计基于支架的 TMBI 环境。前三个主题关注 TMBI 促进的学习类型,第四个主题主要关注支持学生科学学习的 TMBI 课程的设计特点。

促进科学探索

为了促进学生在科学领域的探究式学习(Bransford, Brown 和 Cocking, 2000; White, 1993),人们开发了许多具有内置功能的,作为科学教学材料的计算机模型,从而使学生能够探索他们正在研究的现象。这些内置功能提供差异化教学,并且使学生能够自主探究——这正是科学实践的一个重要特征(National Research Council, 2011)。

有一个很好的例子就是科罗拉多大学博尔德分校(University of Colorado, Boulder)开发的 PhET 交互式仿真程序(<http://phet.colorado.edu/>)。PhET 仿真程序最初只包括物理话题,现在也包括其他学科如数学、生物、化学和地球科学。PhET 仿真程序是开源的、独立的程序,通常是用 Java 或者 Flash 来编写的。该程序已经有多种语言版本,并且在全世界范围内使用,能够帮助学生可视化和测试科学模型,并且进行探究性学习(如 Perkins 等,2006; Wieman 等,2008)。PhET 仿真程序可以被用作不同类型的活动或任务(Wieman, Adams, Loeblein 和 Perkins, 2010)。

Adams, Paulson 和 Wieman(2009)研究了在不同层次的指导下,学生如何参与到与 PhET 仿真程序的交互中。他们与 100 多名学生进行了 250 多次出声思考访谈。在访谈的过程中,学生们要在四种不同水平的指导下(无指导,驱动性问题,浅层次引导,深层次引导),说出他们探索计算机模型时的思维过程。他们发现,学生们对仿真程序的探索高度依赖于该虚拟程序的特点:如果一个仿真程序十分复杂,学生可能无法理解它;如果一个仿真程序很无趣,学生可能会仅仅参与很短的一段时间;只有当一个仿真程序处于学生认为的既有趣又可把握的水平,学生才会维持自己的探索。那些精心设计的仿真程序,在为学生提供最低限度的指导时,学生会表现出最佳的参与状态,部分原因是学生在为自己的问题寻求答案。相反,当为其提供诸如“烹饪指南”式的指导时,学生就失去了探寻的自主权,并且只能获得对仿真程序非常有限的理解。

Podolefsky, Perkins 和 Adams(2010)观察并采访了大学生是如何在最低限度的明确指引下与 PhET 仿真交互的,并记录了两个有关学生如何在特定的仿真环境中进行探索的案例,该仿真程序的案例是波的干扰。该仿真程序允许学生在水、声和光三种情境下控制和观察波的干扰(图 41.1)。学生可以选择不同情境的选项卡,展示不同的对象,使用不同的测量工具,操控不同的变量。该研究验证了学生是如何利用计算机模拟程序来一步步创建一个有关波的

干扰的科学模型。由于 PhET 仿真程序的灵活性,学生可以选择不同的探索路径,就像科学家探索自然现象所做的一样。另一方面,仿真程序的内置功能和实时反馈能够引导学生自主探索,并使他们的学习更加富有成效。当与波的仿真程序交互时,学生建立了真实世界与抽象的表征以及多种表征之间的联系。这些学生还在不同情境中建立类比推理,这是开发建模能力的关键(Lehrer 和 Schauble, 2006)。

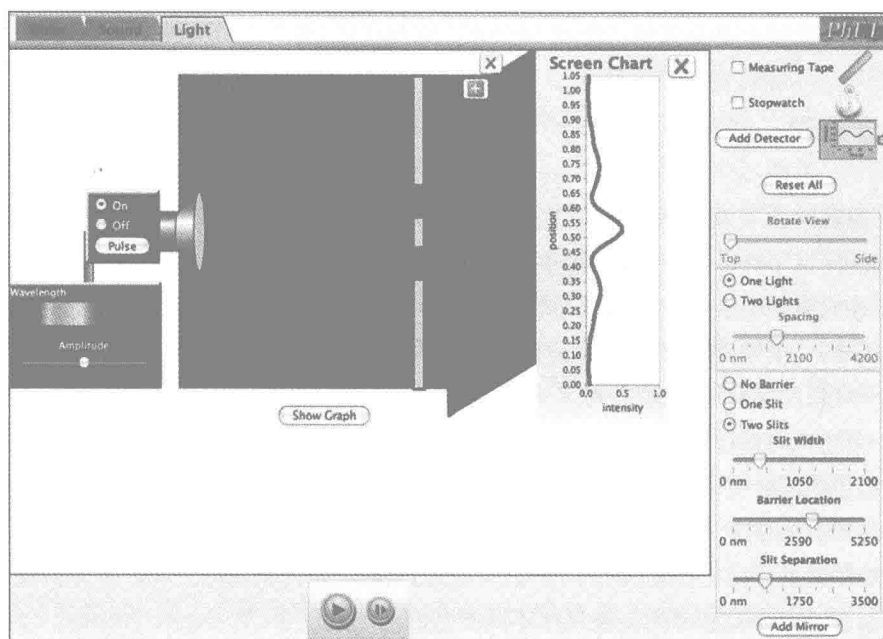


图 41.1 PhET 波的干扰模型截图

另一个很好的例子是 River City,它是哈佛大学教育研究生院(<http://muve.gse.harvard.edu/muvees2003/>)开发的一个多用户虚拟环境(MUVE),目的是增强中学生的动机水平和促进科学探究学习(Nelson, Ketelhut, Clarke, Bowman 和 Dede, 2005)。这是一个以探究为核心,时长 17 个小时的课程,这里“探究”的定义正如国家科学教育标准所规定的一样(National Research Council, 2000)。在 River City 里面,学生通过形成科学假设并通过虚拟实验来检验他们的假设:是什么引起了虚拟城市中居民疾病的爆发。该虚拟城市是一个关于人与自然系统的计算机模型,用到了生态学、健康学、生物学、化学和地球科学知识。通常,在 River City 中,每 2—4 人组成一个小组进行工作,并且与彼此的化身、数字产品、隐性线索以及计算机代理进行交互。

大量的研究已经表明,River City 课程提高了学生的学习动机(例如:Ketelhut, Dede, Clarke 和 Nelson, 2006)、内容知识(例如:ketelhut 等,2006)和探究技能(例如:Ketelhut, Nelson, Dede 和 Clarke, 2006)。Ketelhut(2007)调查了学生的科学探究行为是否是在参与基于探究的项目时形成的,以及自我效能感和学生的科学探究行为之间的关系。研究表明,学生利用 River City 进行科学探究,并且进行探究的行为次数会随着时间的推移而增多。此

外,研究发现,自我效能感高的学生比自我效能感低的学生参与更多的科学探究。Ketelhut 等人(2006)在 2004 年对约 2 000 名学生实施 River City 教学,并检测学生是否参与了 River City 中的探究性学习,以及使用哪种类型工具的 River City 对学生的学学习产生更大的影响。结果表明,学生不仅使用 River City 进行科学探究,并且与控制组的学生相比,探究的质量更高。为了评定在 River City 中进行的探究学习,Ketelhut 和 Dede(2006)开发了一种替代方法(给市长的信),发现其与传统的测验相比,能为学生提供更好的探究性学习。

促进基于建模的思维

TMBI 环境可以促进基于建模的思维习惯的形成。虽然基于建模的思维与其他批判性思维过程有重叠的部分,但是有自己独有的特性。在这里,我们强调基于建模的思维的三个相互关联的方面。

定性建模和定量建模

学者们强调在建模中使用定性思维的重要性(Bredeweg 和 Forbus,2003; Forbus, 1984)。这种方法侧重于科学学习的概念方面(Li, Law 和 Lui, 2006),并强调定性理解为定量推理(Bredeweg 和 Forbus, 2003)的发展提供了坚实的基础。在另一方面,Hestenes——MBI 物理教育的先驱,在谈到物理建模时(Hestenes, 1987),强调数学建模的重要性。数学模型是指数学表征,包括符号、图形和其他形式的现实情况表征,定量思维则是数学形式的关键组成部分。人们开发了许多程序,致力于培养学生的定性或定量的建模思维,或同时培养这两种思维。

Model-It 是定性 TMBI 建模的样本,它由密歇根大学教育高度交互计算中心所开发(<http://hi-ce.org>)。Model-It 针对初中和高中学生,其可以用来构建和测试表征科学现象的定性模型(例如:Stratford 等,1998; Zhang 等,2006)。在 Model-It 中内置了三种模式(计划、构建和测试),以搭建支架来帮助用户形成定性思维建模。在计划模式中,学生创建对象并且定义相关的变量;在构建模式中,学生以口头或图形的方式设定变量之间的关系,在这个过程中,学生们只用定性的关系(例如:变量 A 增加,变量 B 减小);在测试模式中,学生可能会改变变量的值,来观察模型是如何工作的,同样地,在这个过程中,变量只在几个层级间变化。

许多研究都认为,学生运用 Model-It 程序能够构建高质量的模型。Stratford 等人(1998)发现,学生运用这个建模程序可以进行四种类型的活动:(1)分析(把一个正在研究的系统分成许多部分),(2)关系推理(探索一个系统中几个部分之间的关系),(3)整合(确保模型可以表示完整的现象),以及(4)测试和调试(对模型进行测试,尝试不同的可能性,根据外部表现确定问题并寻找解决方法)。Zhang, Liu 和 Krajcik(2006)在研究专家是如何使用 Model-It 时发现,专家们在开始进行建模时有一个明确的关注点,该关注点可以表示成一个对象和一个因素,然后会按照一个包括计划、构建和测试的线性序列继续进行。在呈现该程序中的模型之前,专家们往往会花费很长时间进行计划,思考全部因素以及因素之间的关系。同样,人们开发了许多 TMBI 程序,以加强学生科学学习中的定量思维(Liu, 2006; Simpson, Hoyles 和 Noss,

2006; Stern, Barnea 和 Shauli, 2008)。例如, Sins, Savelsbergh, van Joolingen 和 van HoutWolters(2009)进行了一个研究,该研究调查了学生在认识论层面上对模型和建模的理解,比如对模型的本质、模型的用途、建模的过程以及模型的评价的理解,以及学生理解背后的认知过程之间的关系,这里的认知程度有深浅之分。在该研究场景中,26 名学生中,每两人为一组完成基于计算的力学建模任务——构建滑冰者的运动模型。学生们使用的是 Powerism[®] 简版构造器, Powerism[®] 是一个免费的基于系统动力学的建模工具,该工具类似于 STELLA——一个著名的商业系统动力学建模工具。该环境有五个模型构建版块:库存、利率、辅助物、常量和连接器。具体来说,库存代表一个可以增加或减少的量,利率决定现有库存数量变化的速度。从定性的角度看,学生可以添加,删除和移动这些元素;从定量角度看,学生们可以控制利率和这些元素的数量,例如:用一个数值来表示溜冰者速率,还可以添加公式。具有指定数量和利率的 Powerism[®] 可以自动运行,并通过生成相应的微分方程计算运行结果。计算的结果以图形或表格的形式显示。总体而言,研究证实了学生在认识论层面上的理解和认知过程之间的正相关关系。结果发现,大多数学生实际上经历了一个浅层的认知过程。例如:研究中发现的最常见的浅层认知过程包括在不提及背景物理知识的情况下,就量化一个模型。很多认识论理解水平较低的学生往往只关注了他们的模型的视觉方面。

请注意,在定性和定量建模的统一体中并没有明显的界限,并且更好的建模能力的形成则需要两者的结合。事实上,许多 TMBI 程序都能够帮助人们培养科学学习中的定性和定量建模能力(Komis, Ergazaki 和 Zogza, 2007; White, 1993)。定性建模可以帮助学生可视化主要的建模元素,继而为更多精确的定量描述打基础。定量建模使得学生能够在量上控制变量以及变量之间的关系,继而引导学生掌握数学公式。

533 计算机化的思维习惯

如今,由于科学家在很大程度上依赖于计算机来解决复杂的问题,计算思维(Papert, 1996)成为学生在数学和科学教育领域需要培养的一项关键技能。Wing(2006)把计算思维定义为计算机科学家思考世界(理解人类)、解决问题和设计系统的方法。她指出,将计算思维等同于计算机编程是一种狭隘的解释。相反,计算思维的典型特征包括不同层次的抽象层次,根本性地、以人为本的问题解决,融合数学和工程思想,并在日常生活中运用计算概念等(Wing, 2006)。

在科学学习中,学生可以使用计算机建模程序进行计算实验。由协和联盟(Concord Consortium)开发的分子工作台(Molecular Workbench)软件(<http://mw.concord.org/modeler/>)就是这样一种工具(例如:Pallant 和 Tinker, 2004; Xie 和 Tinker, 2006)(图 41.2)。分子工作台软件是一种基于 Java 的建模环境,为科学教学和科学学习提供可视化的、交互式计算实验和模型(Xie, 2010)。分子工作台软件关注跨越物理、化学、生物学科的一系列主题的分子和原子间的相互作用,它的计算算法依赖于分子动力学和量子动力学的模拟方法(Xie 等, 2011)。学生能用分子创建自己的模型来模拟、实验并预测真实世界的事件。一项实验研究表明,一般的学生以及物理化学专业的学生都能创造新的计算实验来深入探讨化学现象和原理,包括离子结合、净化、和燃料电池(Xie 等, 2011)。

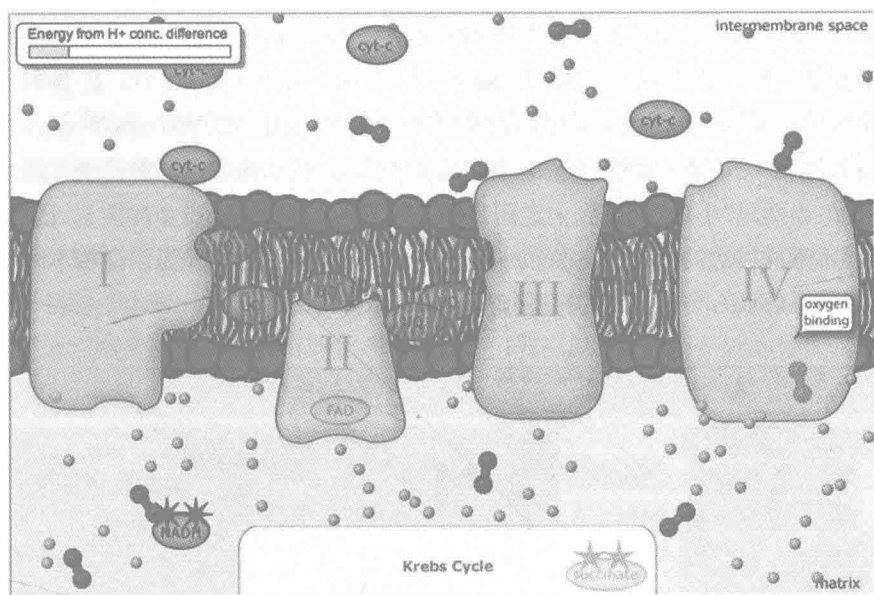


图 41.2 电子传递链上分子平台模型的截图

我们可以把计算建模教给低年级学生。例如, Papaevripidou, Constantinou 和 Zacharia (2007) 研究了五年级的学生如何通过建立计算机模型来研究海洋生态学。他们用一种面向对象的建模工具——Stagecast Creator(SC), 在其中, 学生不使用编程语言, 而是通过图形化编程工具制定规则来控制角色的某些行为(例如: 拖动一个角色到新的位置)。学生也可以定义变量来创建用于确定或控制操作的规则, 例如: 学生可以用数字表示角色单位运动所消耗的能量。研究表明, 通过一个单元的 SC 的学习之后, 学生的建模技能得到了提高。例如: 他们的关注点从作出现象的陈述性描述转移到创造更复杂的模型, 这些复杂模型能显示出现象各组成部分的过程、交互和之间的相互关系。此外, 有过计算建模经验的学生能够更全面地描述日常交互, 从一个给定的模型、指定的标准到对模型的欣赏, 反复、持续地使用模型修正和细化程序。

系统思维

正如科学家正在建构模型来模拟和解释越来越多的自然和社会学科中的复杂系统(例如: 一个特定的生态系统, 一个企业管理系统), 在理解复杂的科学现象时, 学生需要培养系统思维(Kauffman, 1995; Wilensky 和 Resnick, 1999; Zhang 等, 2006)。系统思维的特征可能包括感知一个由许多元素相互作用而组成的系统, 理解系统内一个元素的改变可能会导致其他元素甚至是整个系统的变化, 并且明白单个元素之间相对简单的行为可以通过某种机制进行组合(例如: 统计方法), 从而来解释集体层面上的复杂系统。

许多 TMBI 环境可以帮助学生培养系统思维(Bravo, van Joolingen 和 de Jong, 2009; Wilensky 和 Reisman, 2006; Wu, 2010)。正如上述提到的程序所展示的一样(例如: Model-

It, Stella, Powerism[®]),我们需要注意系统思维是一个包括系统动力学建模的更具包容性的术语。另一个促进系统思维培养的优秀 TMBI 案例是 NetLogo,它是一种基于代理的建模工具,能够模拟复杂和分散的系统(例如,Wilensky 和 Rand, 2009)(图 41.3)。在 NetLogo 平台上,单个个体可以被编码以独立运行,但要遵循某些规则(例如:在 NetLogo 平台上为了表征一群鸟,每个代表一只鸟的“代理”遵循一套独立的规则)。这些规则包括对代理之间如何交互的描述(例如:当两只“小鸟”接近到一定距离时,他们要远离对方以避免冲突)。因此,Netlog 不仅能够显示不同层次的感知系统(例如:微观系统和宏观系统),也能显示这些不同层次系统之间的关联关系(例如:个体代理的相互作用导致集体行为的产生)。

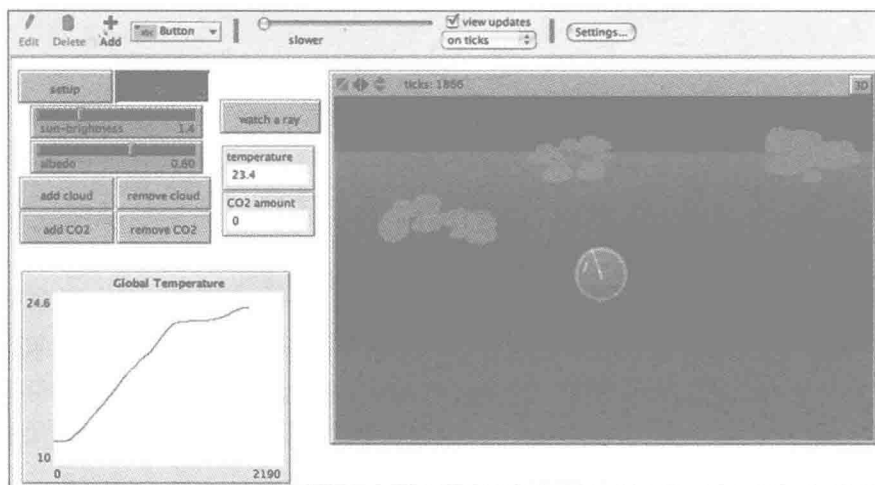


图 41.3 一个关于全球变暖的 NetLogo 模型截图

Levy 和 Wilensky(2009a, 2009b)描述了一门使用 NetLogo 语言编程的“连接化学课程”(CC1),主要讲述化学中的气体定律和分子运动理论。该课程旨在帮助学生在四种不同层次的(亚微观的、象征性的、经验的、宏观的)系统访问之间建立联系,从而使学生获得三个方面(概念性的、数学的和物理的)的知识。在这种建模环境中,学生从亚微观的水平开始,探讨单个质点的运动,然后形成化学世界的系统观。研究发现,在学习了 CC1 之后,学生对气体定律和分子运动理论的本质有了更深入的理解,并且把亚微观和宏观世界联系起来的能力有了很大的提升。结果发现,当评价嵌入在建模的过程中而不是在后测问卷时,学生获得更大的成功。同时还发现,学生对模型本质的认识理解能力得以提高(例如:多个模型可以用来表示相同的现象;一个模型不是指某个对象的副本)。

535

正如我们上面所讨论的,在使用 TMBI 程序时,学生能够培养定性和定量的建模能力、计算思维习惯和系统思维。值得注意的一点是,尽管我们使用不同的 TMBI 程序培养学生不同方面的能力,但这些程序中有很多都能够促进这一系列思维技能的形成,因为它们相互交织在一起的。

促进协作式学习

协作是基于建模的教学的关键,因为科学知识是通过社会性建构而形成的,并且学生需要参与社会交往活动来建立和完善他们自己对科学现象的理解(Komis等,2007; Penner, 2001)。

在 TMBI 环境中,学生经常通过不同形式的协作来共享资源或者加强建模实践(Barab等,2000)。例如: Birchfield 和 Megowan-Romanowicz(2009)描述了 SMALLLab——一个用于高中生研究地质演化的混合现实环境。学生们通过与环境以及特别开发的发光球之类的手持设备的交互,从而彼此面对面地进行协作。然后该班被分成不同的组,每个组负责不同的角色。建模活动包括合作共建“千层饼”地壳。结果发现,与控制组相比,实验组中学生之间的互动增加了 33%。此外,受到干预的实验组的学生在“地球科学内容”测试中比控制组的学生表现得更好。这个测试透露的一个重要信息是,实验组的学生比控制组的学生多得的分数更多是来自于开放性的题目,而不是多项选择题。

Ioannidou 等人(2010)描述了一种建模技术——Mr. Vetro,他们和高中生一起在人体生理学的专题中使用这种建模技术。学生以小组或者全班的形式合作。每一组控制一个无线连接的计算机模拟(例如:一个小组负责心脏),并将收集到的数据送入中心复合模拟(在这个案例中指以血液为中心的躯体表征)。各组需要相互协调以维持人体的健康。在这个活动中,学生通过计算机模型可视化人体器官,控制影响人体这一复杂系统的生理变量,并相互配合以保持系统正常运转。研究表明,与基于观察和教师访谈的对照组班级相比,使用 Mr. Vetro 的课堂更具探究性;就学生学习的内容而言,使用 Mr. Vetro 的班级优于对照组班级。具体而言,对于定义和开放性项目而言,使用 Mr. Vetro 的班级确实比对照组班级要好得多。研究结果还表明,在班级中使用 Mr. Vetro 对学生看待生物学和个人相关性的态度产生了积极的影响。由于信息传播技术的发展允许进行远程协作,许多 TMBI 环境已经摆脱传统课堂的束缚,引入了协作机制。Gobert 和 Pallant(2004)描述了一个使用 WISE 平台的关于板块构造的科学单元。在这个单元中,学生可以看到、操作、构建和评估与板块构造现象(如地震、火山)有关的计算机模型。在单元实施过程中,该单元能够促进同一班级中各组学生的面对面协作,还能够促进来自于美国东西海岸的不同班级之间的协作。来自于东西海岸的学生可以使用 WISE 平台的在线讨论功能评论并评价彼此构建的模型。因此,这样的协作经历被内置于学生的真实建模过程中。研究发现,在单元学习之后,学生对模型本质的理解更加深入,并且那些本身就对模型本质有很深理解的学生有了更大的学习收获。

Simpson 等人(2006)开发了一个计算机编程和视频游戏工具——ToonTalk,以帮助学生学习运动学。学生被分为小组,以二人一组的形式来构建视频游戏、编写程序和使用图形模型运动。学生还共同合作一个项目,从而通过一个网络协作系统与来自另外一个国家的同伴进行分享、交流和协作,学生能够在该网络协作系统上发表自己的心得和评论。Simpson 等人发现,经过该单元的学习之后,学生们提高了对位移的理解。利用协作式学习的机会,学生们的

学习效果得以增强。在这样的协作式学习机会中,学生们分享模型并且向跨网站的同伴发起挑战,从而促使本地的学生进行更加活泼的面对面讨论。

协作式的 TMBI 环境也面临着诸多挑战。首先,就个别学生的学习结果来说,在 TMBI 环境中,协作的作用是有争议的,例如:学生或许把协作看成减少工作量的一个机会(Barab 等, 2000);学生们使用技术的机会更少(Metcalf 和 Tinker, 2004)。即使协作是基于建模的教学中的一个重要方面,协作本身也很少被纳入到对结果测量的方程中。同时,纯粹关注于程序(例如:解决问题)可能会阻碍团队成员对内容的关注,也就造成学生偏离主要的学习任务(Krange 和 Ludvigsen, 2008)。研究表明,学生实际上把更多的时间花费在某些特定的建模过程中,如需要更多同伴支持的“链接模型元素”(Komis, Ergazaki 和 Zogza, 2007)。许多 TMBI 环境负责操纵多个变量,它要求学生彼此间相互合作来使这些变量之间的互相连接有意义(Komis 等,2007; Manlove, Lazonder 和 de Jong, 2009)。我们需要更多的研究来仔细检测建模过程中协作是如何发生的,以及计算机技术是如何促进协作的。

设计支架式的技术增强的、基于建模的教学

学生需要认知性和程序性的支持,从而能够在具有交互性、动态性计算机模型的学习环境中开展科学探究(Linn, 2006; Quintana, Zhang 和 Krajcik 2005)。这些支持或支架,可以帮助学习者关注一个模型的关键方面,分散认知负荷,提供相关资源和背景资料,评估原位学生的学习,并提供即时反馈(Adams 等,2009; Collins, Brown 和 Newman, 1990; Jonassen 和 Reeves, 1996; Linn, Davis 和 Eylon, 2004)。支架还可以作为一种方法来帮助学生问题化他们正在学习的学科知识(Reiser, 2004)。例如:一项使学生参与评价由同伴构建的分子水平上的化学反应的动态模型的研究表明,学生评价能够显著增强学生对该学科的理解。详细的脚本和激励性问题可以作为支架提供给学生(Chang, Quintana 和 Krajcik, 2010)。如果没有这样的支架,学生对他们同伴工作的评估也许是浅层的,而没有提供实质性的评判。尽管我们承认教师对学生学习成功的重要作用,但这里我们讨论的焦点是一个学习系统能够提供的显性支架(想要了解隐性支架,可以参考 podolefsky 等人的研究,2010)。

嵌入学习环境中的支架需要与学习理论完全一致,而学习环境的建立正是以这些学习理论为基础,同时支架的有效性需要实证数据的证明。这方面的一个成功例子是根据多年的研究和发展经验而开发的基于网络的探究科学环境(WISE)系统(Linn, Clark 和 Slotta, 2003; Linn 和 Eylon, 2011; Linn 和 Hsi, 2000; Slotta 和 Linn, 2009)。WISE 系统是一个支持引导式探究、嵌入式评价、同伴协作、交互式计算机模型和教师定制的功能强大的、开源的在线学习环境。最新的 WISE 版本是 WISE4.0,该版本在 2008 年就开发出来了,并且集成了新的功能,例如能源的故事、我的系统、思想管理等,以判断和支持学生对重要科学概念的综合理解。

WISE 项目旨在帮助学生学习核心科学概念和实现知识整合(KI)(Linn, 2006)。这些基于标准的课程由内容专家、学校教师、教育研究者和计算机科学家多个团队共同开发,并进行不断的细化和修改。WISE 课程都具备基于研究的支架,这些支架帮助学生知识的整合过程,

包括激发思想、加入新的想法、区分相似的想法和整理思路(Linn, 2006)。在这里,我们详细介绍了几个和科学建模相关的重要的支架策略。

研究表明,学生在正确地提取一个科学模型的复杂信息时存在着一定的困难(Lowe, 2004)。作为科学模型的创建者,他们可能没有共享的经验、能力或知识来成功地理解模型所呈现的信息(Kress 和 van Leeuwen, 1996)。因此,在 TMBI 环境中设计支架来提供线索或帮助学生关注一个模型的关键方面是很重要的。例如:一个 WISE 单元“热力学:探测你的环境”(Clark, 2006; Clark 和 Sampson, 2007, 2008)包含一个微粒模型,该模型展示了在微粒水平上两个物体之间是如何进行热传递的(Xie 和 Tinker, 2006),同时,一个温度图显示物体的温度是如何随着时间的推移而发生变化的(图 41.4a)。为了引导学生用该模型和图形来学习,嵌入在学习单元中的激励性问题会要求学生预测、观察并解释模型所反映的结果(图 41.4b)。在学生正式观察前,这些要求学生预测粒子的速度是如何随着温度的变化而变化的激励性问题吸引了学生的注意力,在正式观察中,学生们需要注意模型中粒子的移动。在学生们观察了动态的分子模型之后,激励性问题要求学生解释模型所显示的结果。激励性问题是针对具体的问题而设计的。例如:一个问题问“当一个热物体被放置在一个冷物体表面时,物体的分子会发生什么?”这些激励性问题为学生们提供了考查点来反思他们是否注意并理解了模型的关键环节。一项检测学生对激励性问题反应的研究表明,在用模型和嵌入式支架学习之后,学生对粒子水平上的热传递形成了深刻的理解(Chang 和 Linn, 2013)。

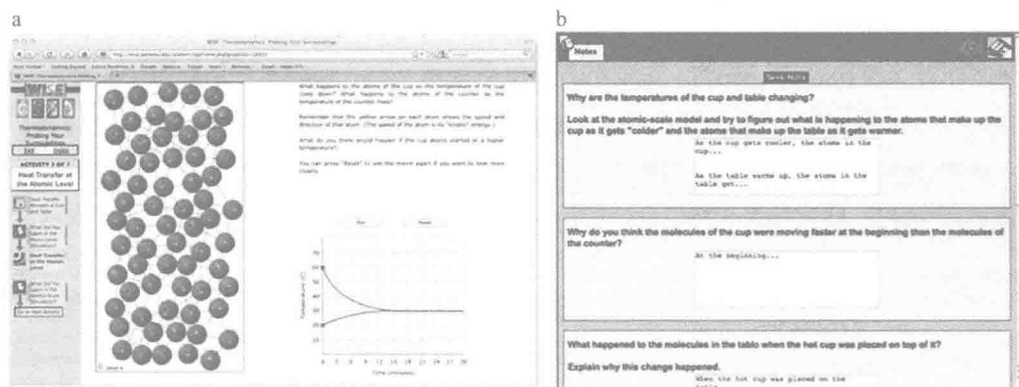


图 41.4 热力学单元快照:(a)动态的分子模型表明两个物体之间的热传递;(b)嵌入的提示引导学生从模型中学习

学生还需要显性支架来帮助他们有效地从事科学的建模实践(McElhanev 和 Linn, 2011; Schwarz 和 White, 2005)。例如:为了包含能够使使用模型进行实验的功能,WISE 项目中的“热力学单位”的分子模型被重新修改。学生可以改变两个物体的温度、物体的构成材料和物体彼此之间接触的时间。然而,学生会有意或者无意地使用计算机模型进行实验 (McElhanev 和 Linn, 2011; Parnafes, 2007)。为了帮助学生制定关于如何使用热力学模型进行科学实验的标准,人们设计了一个批判性活动来鼓励学生用模型来批判虚拟的学生实验(Chang 和 Linn, 2013)。用激励性问题来引导学生批判虚拟学生模型实验的目的和手段。批