

# 基于建模的中小学科学教学模式及其思考

申超男 胡卫平 段海军 蔡逢春 宋璐

**摘要:**基于建模的教学模式是中小学科学教育的一种有效方法,有利于促进学生对科学知识的理解,提高学生科学探究能力、反思能力以及合作学习能力。该模式在科学教育实践探索中有三个方面值得关注:建模的循环性过程,师生互动的重要性,信息技术的应用。未来,基于建模的中小学科学教育应拓展模型的使用范围,注重元建模知识和建模实践的结合,遵循建模的逐步深入性,努力提高学生的内驱力和教师的科学素养。

**关键词:**模型;科学模型建构;科学教育

**中图分类号:**G623 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-9094(2014)06-0024-04

**DOI:**10.13696/j.cnki.jer1673-9094.2014.16.006

中小学科学教育成功与否,关系到人才塑造与培养质量的高低,甚至将左右一个国家的创新能力和竞争力。然而,当前我国科学教育实践面临诸多困境和问题。因此,探索高效的中小学科学教学模式一直是教育工作者关注的焦点。近年来,基于建模的科学教学方法受到越来越多的重视,并成为学习者学习科学知识、提高科学思维能力的一种重要途径。基于建模的科学教学模式适应了当前社会对人才培养的新要求,与我国新课程改革强调培养学生科学素养的取向一致。因此,研究模型/模型化的科学教育具有十分重要的意义。

## 一、模型与建模的内涵

科学模型是对一个系统的抽象、简化的表征,它聚焦于系统的具体方面。这种表征使该系统的核心功能和实质更加明确化、可视化,是对客观自然世界进行解释的一种科学工具,反映了人的心智活动与自然世界的联系。<sup>[1]</sup>科学模型依据不同的标准可以分为不同的类别。如根据本体

地位可将模型分为八类:(1)心理模型;(2)表达模型;(3)共识模型;(4)历史模型;(5)课程模型;(6)教学模型;(7)混合模型;(8)教学法模型。无论是何种类型或形态的科学模型,其基本特征都是相似的,具有形象直观性、简约相似性和主体诠释性的特征。<sup>[2]</sup>

建模即建构模型,主要是利用模型进行研究、学习。建模是人类在研究复杂现象时,为揭示其内在本质规律,借助抽象思维的能力,用理想化的手段建立的一种与原型相关联、能够表征原型基本特性的模式,并对这一模式进行研究,以探索它所表征的原型的本质、规律的方法。

## 二、基于建模的科学教学模式的价值

科学模型和建模是个体获得知识的重要途径,它超越了对科学事实的简单识记,是人类科学探究的核心成分。人们通过构建模型,将自身的心智变化与自然世界联系起来,对客观世界进行深入理解和探索。

### 1. 有助于促进学生对科学知识的理解

收稿日期:2014-04-18

作者简介:申超男、胡卫平、段海军、蔡逢春,陕西师范大学现代教育技术教育部重点实验室、教师专业能力发展中心(陕西西安,710062)。宋璐,北京邮电大学网络系统与网络文化北京市重点实验室、网络教育学院(北京,100876)。



建构主义知识观认为,知识是主体对客观世界的一种解释,它是由个人主动建构而获得的。在这个过程中,个体从被动的知识接受者转变为主动的知识建构者,在已有知识经验的基础上,分析、组织与诠释当前的新信息。通过建构模型,学生利用可观察的物体尽可能准确地表征那些不能被观察的物体和现象,从而深刻感知所学知识。建模活动使学生抽象的心智结构表征化、形象化,有利于促进概念的转变和理解。比如中学化学学科中的“平衡”这一概念在宏观层面上看是静态的,但是,通过构建科学模型,从不同层级对其进行理解,学生会发现从亚微观水平上看,因为存在分子水平上的运动以及化学键的断开和形成,这个系统又是动态的。

### 2.有助于促进学生科学探究能力的提高

强调培养学生的科学探究能力和思维能力是科学教育发展的主要方向。科学模型是中小学科学教育中最为高效的学习工具之一,具有较强的主观诠释性,在构建模型的过程中,学生可以自主开发更多相关探究性课题,提高其科学探究能力。例如,以传感器为主要仪器的信息技术通过多种不同功能的探头,实现溶解氧、温度、浊度、颜色、压强等的测定,并通过计算机软件将这些性质以量化的形式进行呈现。这样不仅改进了教材实验,而且提高了学生动手能力以及发现问题、解决问题的科学探究能力。

### 3.有助于促进学生的反思与合作学习

构建模型是一种反思性的学习活动,反思是建模学习中的一个决定性因素。学生在建模活动中进行反思,不但可以使认知过程显化,还可以凸显学生潜意识里的错误概念,为概念转变提供条件。模型的构建不是一次就可以完成的,需要学生在教师的指导下通过反复的建模过程评估自己的模型,在这些过程中,学生往往需要转变现有的表征方式,考虑他们的模型缺乏解释力的地方,模型的修正和先前概念的转变均以学生的主动反思为基础。模型/模型化的科学教育,强调学习共同体的培育。在学习共同体中,学生与他人分工学习、共享资源、互相帮助,同时接受他人的挑战和审视。在与他人进行思想碰撞的过程中,学生激发了学习兴趣,共享了他人的智慧和专长,提高了合作学习的能力。

## 三、基于建模的科学教学模式的探索

在以模型/模型化为基础的科学教学中,最重要的是如何让每个学生能够通过内在在心智模型的变化达到学习目标。为达到这一目的,研究者

对基于建模的科学教学模式进行了深入探索,并主要关注以下三个方面:

### 1.关注科学建模活动中的循环过程

在基于模型的科学教育中,探究学习过程被看作是一个模型化的循环过程,即建构模型是学习循环过程中的一个重要的中介学习环节。

模型/模型化科学学习包括五个结构化的过程:探索阶段、模型的不确定推论阶段、模型形成阶段、模型的使用阶段以及模型的范式综合阶段。尽管从结构上看,这五个过程是非连续的,学习模型可以划分为不同阶段,但实际上个体的心智模型却是不断发展着的。当一个新概念需要激活模型进行思考时,个体并不会立刻形成完善的模型,而是经过一系列不断修正的过程,即从名义上的模型向似合理模型、调查模型的形成转变,最后形成适当的范式模型,整个构建模型过程中存在大量微循环过程。<sup>[3]</sup>

### 2.关注科学建模活动中的师生互动

在建模的学习中,师生的交流互动是影响科学教育的主要因素。以模型/模型化为基础的科学教学成功与否,不仅取决于学生自身通过构建模型形成关于事物的心智模型,而且依赖于教师对学生学习活动的引导、帮助以及建模过程中的师生互动。

在科学教学过程中,教师与学生的互动应遵循一定的学习过程,即:明确已知的和想要了解的知识—生成可验证的假设—寻找证据—构建论断。(见图1)在这个模型中,教师需要首先让学生产生和表达他们头脑中的心智模型,了解学生已有的概念和心智特征,并且结合学生的学习兴趣以及某个科学概念的重要性明确教学内容。接下来,教师要引导学生根据自己的观察和经验,抽离出自己想要探究的科学问题,并形成假设。然后,教师通过与学生的交流,借用实验仪器、图表、计算机等工具,让学生解释观察到的现象,并用量化的方式来表现变量之间的关系,为假设寻找证据。当各种关系随着理解的加深而丰富起来时,学生们便会试图通过推论来解释和验证自己提出的模型,形成论断,他们最初的表达模型便随之形成

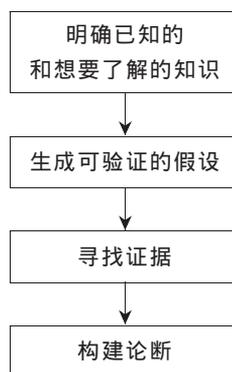


图1 科学教学中的师生互动模型

了头脑中的心智模型。课堂建模是一个错综复杂的动力系统,这一活动的成功与否很大程度上取决于教师对学生表达观点的鼓励以及教会学生如何使用多种方式表征知识、何时使用模型这一认知工具。

### 3.关注科学建模活动中的信息技术应用

信息技术的不断发展给教育的改革带来了新的机遇。当前,有关科学建模的研究中,人们往往将建模与计算机技术联系在一起。计算机作为一种建模工具可以帮助学生对知识之间的因果关系进行形象化表征,通过量化的数据关系或网络化的图形关系,促进学习者对知识的理解。

近年来,随着研究者的持续关注,计算机建模工具的开发和应用有了较大的发展和突破。Model-It 是密歇根大学高级互动计算机小组设计开发的一种以定性模型为基础的动态建模工具,采用定性描述思路,应用学习者中心设计技术,旨在为学生的建模活动提供简单易行的工具,为课堂建模活动的专业性提供了技术支持。学生使用 Model-It 可以为复杂系统构建并测试动态模型。不仅如此,Model-It 还可以作为检验学生对科学知识理解程度的一种技术。Model-It 能较好地体现模型的功能,有助于培养学生的推理能力,为学生者提供不同类型的模型表征方式,通过在软件中引入“脚手架”来支持学习者的认知活动。<sup>[4]</sup>

## 四、基于建模的科学教学模式的几点思考

基于建模的科学教育受到越来越多的关注,建模已经成为科学教育的核心方法之一。随着研究以及教学实践的不断深入,一些基于建模的科学教学模式初见成效。然而,仍存在一些问题,未来应从以下几个方面进行改进。

### 1.注重元建模知识和建模实践相结合

中小学科学教师越来越重视模型活动在课堂中的渗透,学生科学建模的能力有了较大提升,然而,学生对于科学模型本质的理解水平却并不高。大部分学生认为模型是某种事物的复制品、是独特唯一的或是不能被改变的,并且他们无法理解如何利用科学模型来说明科学想法和理论。因此,未来科学模型的教学活动应注重元建模知识和建模实践的结合,在两者相互作用、相互影响的过程中提高学生的综合建模能力。既要帮助学生理解元建模知识:科学建模的目的、实质以及评估模型的标准等,又要通过实践活动使学生学会建立模型以描述、解释、预测客观世界,比较和评估不同的模型。(见图 2)以元建模知识指导实践活动,在建模的实践活动中深化理解

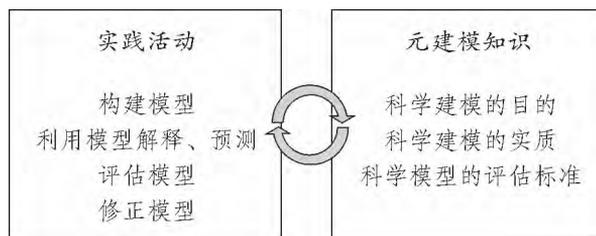


图 2 元建模知识及实践活动结合示意图

元建模知识。

### 2.拓展模型的使用范围

当前,中小学科学教育中较少包含建模活动,特别是在低年龄段科学教学中。提及构建模型,人们往往只想到年龄较大的学习者或是科学家,低年龄的学生似乎不具备抽象概括的能力,无法在学习过程中构建模型。然而,事实上低龄学生已具备运用模型学习科学知识的能力。建模是人类一种自然的认知现象,当遇到需要理解的现象时,个体会很自然地建构关于那些现象的个人理论,并以模型的方式在心智中对其进行表征。<sup>[5]</sup>因此,作为科学启蒙课程的小学科学应融入科学建模活动,培养学生的科学素养,拓展模型的使用范围,提早培养学生科学建模的能力。

### 3.遵循建模的逐步深入性

建模是中小学科学教学的关键环节,学生对模型的认知是逐步深入的。学生对科学模型的理解经历了四个阶段:第一阶段学生认为模型是不可改变的,但是有正确与错误之分;第二阶段学生认为模式可以根据理解的加深进行修正的;第三阶段学生将注意力放在提高模型的解释力上;第四阶段学生理解了模型不仅可以解释客观世界,还可以对将要发生的现象进行预测。因此,中小学科学教育中的建模活动教学应根据学生认知能力的发展和差异调整科学建模的目标,逐层渗透、步步深入,切莫企图一步到位地完成教学目标。

### 4.提高学生建模的内驱力

研究表明,中小学科学教育中学生建模的内驱力不强,大多是出于教师的要求。学生对于建模活动缺乏参与感,认为课堂中的模型大都是由教师建构的,是另一种形式的“科学答案”,他们并没有将模型作为促进自己想法科学化以及与他人交流的工具。以模型/模型化为基础的科学教学的达成依赖于模型解释的现象、建模参考的科学知识以及学生自身产生的解释之间的平衡,学生自主的建模活动至关重要。因此,教师要把握模型的特点,以问题为导向,引导学生结合实际

生活发现自己感兴趣的问题,对于学生的学习情况教师要及时反馈、正确评价,激发他们自主建模的内驱力,使学生利用已有的知识去整合新信息,完善知识体系。

#### 5.加强教师的科学素养

教师是模型化科学学习活动的中枢,他们承担了帮助学生建构模型以及提供学习支架和反馈的作用,是影响学生科学学习的主要因素。然而,教师在课堂建模中的重要作用与当前教师缺乏相关知识和素养之间的矛盾日益突出。大多教师认为模型对于科学背景的教学十分有效,但是却没有真正理解模型的本质。由此可见,教师科学素养的提高迫在眉睫,势在必行。我们应围绕科学素养的提高,从科学知识、能力以及情感态度方面着手,注重教师认知结构的形成;以科学探究能力为中心,培养教师适于科学教育的全面的科学能力;强调教师求实创新的科学精神,激

发对科学的兴趣,形成良好的科学态度与科学价值观,培养出科学素养全面的新型教师。

#### 参考文献:

- [1]Schwarz C V, Reiser B J, Davis E A, et al. Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners [J]. Journal of Research in Science Teaching, 2009, 46(6): 632-654.
- [2]文祥,曹志平,易显飞.科学模型的演进及其认识论特征[J].湖南工业大学学报(社会科学版),2011(4):29-33.
- [3]S. Khan. Co-construction and model evolution in chemistry? [C]//J. J. Clement and M. A. Rea-Ramirez? (eds.), Model?Based Learning and Instruction in Science. Springer, 2008:59-78.
- [4]张宝辉,张金磊,黄龙翔.计算机建模在教学评价中的应用研究[J].中国电化教育,2013(4):103-109.
- [5]李妍.乔纳森建构主义学习环境设计研究[D].上海:华东师范大学,2007:56-59.

责任编辑:杨孝如

## Reflection on Modeling-Based Science Teaching Modes of Elementary and Secondary Schools

SHEN Chao-nan, HU Wei-ping, DUAN Hai-jun, CAI Feng-chun & SONG Lu  
(Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

**Abstract:** Modeling-based teaching mode is an effective approach to elementary and secondary Science education, which is conducive to promoting students' understanding of scientific knowledge and enhancing their abilities of scientific inquiry, reflection and cooperative learning. Three aspects are worth concerning about the mode: modeling circulation process, importance of teacher-student interaction, and application of information technology. In the future, modeling-based elementary and primary school Science education should expand the domain of mode application, focus on combination between meta-cognition of modeling and practice, and abide by the gradually deepening of modeling for the purpose of strengthening students' motivation and teachers' scientific accomplishments.

**Keywords:** model; scientific model construction; Science education

