

[脑科学与科学教育]

基于模型的探究

文_韦钰

韦钰，电子学专家，教育家，中国工程院院士，中国少数民族教育学会理事长，中国电子学会副理事长。曾任教育部副部长，中国科协副主席。



近 30 年来，学习科学研究揭示了人是如何学习的，脑科学的进展促使神经教育学诞生，从科学教育实践中也不断提出了新的问题和挑战。一方面运用探究式的学习方法，必然比直接由教师讲授知识需要用更多的课时；另一方面，知识的增长速度越来越快，对学生综合解决问题能力的培养变得越来越重要，选择学习内容，以提高科学教育有效性的问题更加突出了。在总结上世纪的科学教育实践以后，一些科学教育研究者认为，上世纪 90 年代提出的探究式科学教育方法，虽然已经反思了 70 年代发现式学习的弯路，强调了有引导的探究；反思了只强调过程不结合科学概念的过程式探究方法，强调了过程和科学概念的结合，不仅要动手还要动脑，等等。然而，探究式教学的成效仍然不能令人满意，一些探究课有活动，而无理解的过程；探究式科学教育只是针对零散的科学概念进行探究，没有强调核心概念和模型（大概念，Big Idea）；有一些标准罗列了太多的概念，相互之间没有联系，没有层次和有意义的序列，学生在年级之间的学习缺乏联系。

在本世纪初，我们认为某些案例是

比较典型的科学探究案例，从法国引入后，用于教师培训。例如经常使用的“单摆的案例”，比较容易让教师体验探究的过程，很容易发动起大家参与探究的热情，探究的 5 个步骤也比较典型。其探究的题目是“什么因素影响单摆的摆动频率”。经过假设、实验，最后通过实际的观察和单变量实验，证明影响单摆频率的因素是单摆的绳长。这个案例中探究的是一个科学内容，也是一个过程很典型的科学探究活动。但是 10 年以后的今天回过头来审视，这个案例用于起步阶段的教师培训，以帮助教师进入探究式科学教育，是有益的，而作为学生的学习教案却是不合适的。

首先，这个案例探究的是一个孤立的科学知识，和学生建立有关物体运动的核心概念没有联系。它没有考虑学生已有的知识基础和应该进一步学习的内容，并没有反应科学概念之间联系的科学模型，不是围绕一个核心的或是主要的概念在进行探究。物体的振动取决于许多参量，在这个案例里，只探究了一个参量，而不是去探究如何解释物体振动运动的规律。这样的探究，实质上还是反映了把过程看得比内容重要，选择

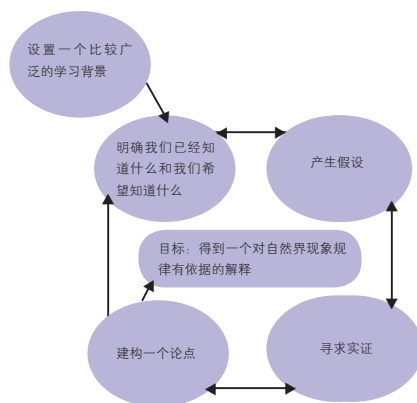


图 1 基于模型探究式学习的过程

探究内容时，着眼点不是科学概念本身的联系和发展，而是如何能让参与者容易理解“五步法”的过程。

其次，强调了从本节课上直接收集的数据和观察结果得出结论，且只和当时获得的数据有关，不涉及到对运动定律的思考。学习者不需要联系任何已有的知识，也不会考虑进一步对振动这个现象的探究，建立模型，去解释自然界的因果关系。实际上，科学探究不只是限于观察变量之间的关系，而是要揭示自然现象的因果关系，即说明为什么是这样。寻求解释时经常需要包含不能直

表 1 目前通用的探究法和基于模型的探究法之间的比较

目前通用的探究法 目标：寻找自然界现象的模式	科学知识的 5 个认知特点	基于模型的探究 目标：发展对自然界运转方式有依据的解释
假设经常从可以用实验检测的预测开始，预测并不是一个系统理论的一部分，因此没有什么要求进一步修正的	科学知识是可以实证检测的，科学知识是可以依据实证修正的	预想是以模型的形式出现，因此可以检测，也可以修正假定中含有可以评估、可以做解释的模型背景
从实验数据中总结出来的结论中，只包含了趋势或者模式，并没有包含解释	科学知识是一种解释	利用数据中的模式或者其他实证的信息来解释为什么所关心的现象发生了，所论及的模型可作为解释的一种工具
从数据出发到理论经常不作为课堂探究的一部分	科学知识是相互联系的	在考虑对观察的现象进行解释时，经常联系到没有直接观察到的原因、过程和结构
模型 / 理论经常不予考虑，因而很少考虑扩展和下一步的修正，以及新的假设	科学知识是可以扩展和普遍化的	在探究的过程中可以运用模型和理论来产生一些有依据的假定，新的概念、新的依据

接观察到的现象，需要运用已经具有的模型和概念，也就是说需要运用科学思维，分类、类比、推理、归纳等，这方面能力的培养，对中学的学生尤显重要。

第三，容易让学生得出这样的结论：科学的概念是可以很快地、孤立地建立的。忽略了科学是一个有联系的发展过程。科学研究是一条连绵不断的长河，发现一个规律，需要将当前获得的数据和观察到的现象联系到一些模型上去，并且这些模型需要逐步地深入和修正。孤立地对单个概念的学习，不利于学生了解科学的本质。

因此，这个案例用于对教师的培训是可以的，用作学生学习的案例就不合适。

在重新审视上世纪的探究式科学教育以后，研究者提出一些改进的新思路，并重新制定了“国家科学教育标准”。这些新的研究进展在探究式学习方法上主要表现在两个方面：一是围绕大概念来进行基于模型的探究式学习，另一方面是提出了学习进展序列的学习方法。学习方法和学习内容是紧密相关的，因为围绕了大概念进行学习，才可能采用基于模型的探究方法。围绕大概念，从学生熟悉的环境和事物开始，有顺序地逐步深入，才可能有学生学习的进展序列。如果标准中所给出的学习内容就是零散的，没有考虑学习阶段之间

的衔接，那么也就没有可能进行基于模型的探究，也谈不上学生的学习序列。所以，在新一轮的科学教育标准中，学习内容和学习方法改进是一个相互联系的整体。

表 1 中给出了目前通用的探究法和基于模型的探究法之间的比较，说明基于模型的探究法有利于学生有效地学习科学概念，同时学习过程中可以加深对科学本身概念的体验。图 1 中所表示的是基于模型的探究学习中的 5 个要素，它们可以表述为：

◆ 设置一个比较广泛的学习背景：教师选择关键的科学现象，这些现象跟学生已有的经验相联系，是适合于对某个自然现象作出解释的。

◆ 明确我们已经知道什么和我们希望知道什么：学生根据给出的信息和已有的经验对现象进行表述；提供一个能够解释现象的模型结构；提出一个具有模型内涵的问题。

◆ 产生假设：假设中包含了模型中变量之间的关系，而不是简单的预测，涉及不同的可以比较的假定和可以比较的模型。

◆ 寻求实证：用实践来检验不同的假定。这些方法包括：可控的和非可控的实验，进行相关的信息收集，分析已有的数据和信息，在讨论中引用多种形式的观察结果，从模型出发与数据进

行比较，看是否一致。

◆ 建构一个论点：对所研究现象作较深入的描述，根据实证获得的数据，得出对所研究现象的解释；认识到还可能其他的解释；说明如何根据实证需要，修正原来提出的模型。

同样是 5 个要素，在内涵上已经不同了。对小学生来说，由于还处于学习科学的初始阶段，这种差别在小学阶段表现得不如中学科学教育那么明显。小学阶段主要以建立可以直接观察到的概念为主。但是，教师应该了解基于模型的探究，这样才能在探究中不仅让学生学到科学概念，还能体验到有关科学本身的概念，即什么是科学。当然，为了掌握某个主要的概念，运用什么具体的事例和现象是可以选择的，标准应该体现一定的灵活性，应该和学生熟悉的环境与问题相联系，这样有助于调动学生的学习主动性，也有利于理解科学与社会的关系。

本文摘自书钰院士的论文《小学科学课要以探究式学习为主要的学习方式》，有删改。■



全民科学素质行动
科学教育专栏