

# 从习题到原始问题： 科学教育方式的重要变革

邢红军，陈清梅

(首都师范大学 物理系，北京 100037)

**摘要:**从科学的根源是科学现象的基本观点出发，深入分析了目前我国科学教育中存在的问题。依据教育生态学理论，相互作用心理学理论以及耗散结构理论，提出了以原始问题教学作为科学教育方式变革突破口的观点。基于此，阐释了原始问题的教育价值，论述了原始问题的教育功能，在一定意义上为科学教育的改革提供了有益的启示。

**关键词:**科学现象；原始问题；习题

**中图分类号:**G633.7 **文献标识码:**C **文章编号:**1000-0186(2006)01-0056-05

## 一、习题与原始问题的比较

在科学教育中引入习题的初衷是，巩固和加深学生学习的知识，考查学生掌握知识的水平，培养学生应用知识解决问题的能力。物理高考命题委员会认为：“做题是非常重要的。我们主张要做题，但并不赞成搞题海战。因为题海战盲目追求解题的数量，不重视解题的质量，使学生根本来不及对习题以及与习题有关的问题进行思考。”<sup>[1]</sup>其实，即使是重视解题质量的做题也很难有效培养学生的创造能力。这是因为，每一道习题都是从原始问题抽象而来，已经把原始问题的一些次要细节、非本质的联系舍去，没有科学现象与事实作为背景，甚至完全脱离科学现象，即学生思维的一部分已经被习题编制人员“越俎代

庖”地完成了。同时，习题教学还存在着模式化倾向，缺乏科学思想的分析，太重视程序与计算、熟练与技巧。因此，在一定意义上说，我国学生创造能力的匮乏是习题教学的直接后果。

事实上，科学最重要的部分是与现象有关的，现象是科学的根源。从这个基本思想出发，我们认为：解决我国科学教育低效能的重要措施就是要打破传统习题教学一统天下的局面，通过引进原始问题来逐步使习题教学与原始问题教学相结合，从而达到提高科学教育效能的目的。

所谓原始问题，是指自然界及社会生活、生产中客观存在、能够反映科学概念、规律本质且未被加工的典型科学现象和事实。而习题则是把科学现象和事实经过一定程度抽象后加工出来的练习作业。两者的关系如图1所示。

收稿日期：2005-10-15

作者简介：邢红军（1960—），河南平舆人，首都师范大学物理系教授，课程与教学论专业研究生导师，研究方向为物理教学论；陈清梅（1965—），河南平舆人，北京中医药大学物理教研室讲师，研究方向为物理教学论。

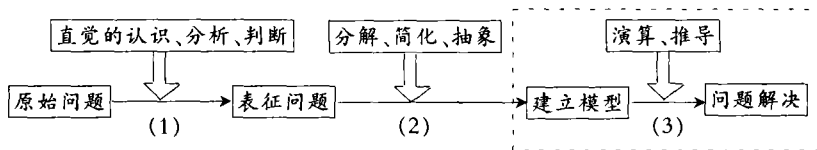


图 1

由图 1 可知，学生解决原始问题需要经历三个相互衔接的过程：第一，问题是针对什么科学现象和事实的，弄清楚原始问题是什么（What），即认识问题；第二，原始问题怎样通过分解、简化、抽象后转化为科学模型（How），即科学建模；第三，怎样定性或定量的通过演算和推导解决问题（How），即解题技巧。

确切地说，原始问题的表述形式是对科学现象的描述，它基本上采用文字叙述的方式呈现科学现象，与习题显著不同的是，没有习题中常常给定的已知量、未知量，需要学生根据需要进行设置。比如，1995 年 10 月 28 日，加拿大人科克伦手握长杆走钢丝跨越长江三峡。科克伦如何使用手中的长杆？这样的问题就称为原始问题。相反，目前科学教育中广泛采用的习题却很难为学生提供这样的情境。

由于历史的原因，我国传统的习题教学往往侧重图 1 的第二个过程（建模）和第三个过程（技巧），特别是注重第三个过程（技巧），而尤其缺少第一个过程（认识），对科学现象和科学事实把握不够。因此，致使很多学生只知道根据已知条件去解题，遇到实际问题则常常束手无策。

其实，早在上个世纪，苏联心理学家马丘什金就将习题与问题情境进行了比较与区分。他指出：“习题和问题情境是具有‘原则性区别’的概念，因为它们标志着不同的心理现实。”<sup>[2]</sup>应当说，这是非常重要的见解。

在国内，赵凯华先生觉察到这个问题。他指出：“在我们的教学中，同一问题，既可以把原始的问题提交给学生，也可以由教师把问题分解或抽象成一定的数学模型后再提交给学生。习惯于解后一类问题的学生，在遇到前一类问题时，往往会不知所措。”<sup>[3]</sup>显而易见，在科学教育中明确原始问题与习题之间的区别是有着相当重要的理论与现实意义的。

## 二、原始问题的教育价值

随着教育研究的不断深入，教育领域出现了一门运用生态学方法研究教育的科学——教育生态学。教育生态学强调在真实、自然情境中研究教育规律以及学生的心理活动规律，强调提高教育活动的可应用性和普遍适用性，建立合理的教育生态环境，提高教育的效益，促进人才迅速成长和发展。

生态学是 19 世纪末在生物科学中成长起来的一门科学，它的研究对象是生物个体、种群、群落和生态系统。其研究任务是探索有机体与环境之间相互作用的规律及机理，研究生物的生存条件以及生物与其生存环境之间的相互关系。在研究方法上，生态学家一般采用描述性分析法，即先对现象进行描述，而后再做分析。

在科学教育中强调生态性，乃是源于习题教学固有的局限性。我们知道，习题教学具有许多优点。然而，随着科学教育研究的深入，习题固有的缺陷——即人为性也日益暴露出来。由于习题情境是人为设置且条件控制严格，因而使科学教育情境的真实性受到破坏，使学生解答习题的认知心理及行为表现与解决原始问题的认知心理及行为表现相去甚远。这样，就削弱了科学教育特有的教育价值。

我们知道，在真实的情境中，科学教育活动受到多种因素影响，这些因素又是相互作用、相互影响的，是一个完整的过程，科学教育活动是该系统中各因素相互作用的综合结果。然而，习题教学却将这些因素孤立开来，仅局限于特定情境中某些特定因素对科学教育活动的影响，因而就难以揭示真实、自然条件下的科学教育规律。

通过借鉴教育生态学的有关思想，我们提出了科学教育生态化的基本观点：1. 科学教育活动不是孤立的，而是与科学现象有机地联系在一起，处于一个复杂的关系之中；2. 科学教育活动既受到自身内部因素的影响，又受到外部因

素的影响；3. 科学教育活动应当在科学生态环境与社会生态环境中进行，以揭示真实、自然条件下学生的心理活动规律与科学教育规律；4. 科学教育活动应注重研究学生与其所处环境之间的相互作用；5. 科学教育活动应注重研究学生在与其所处环境相互作用过程中的主动性。

在科学教育中，原始问题教学并不局限于教育生态学强调的情境，而是以生态学思想为指导，把科学知识融入科学现象之中并以原始问题的形式呈现，主张把习题固有的严格性移植到自然、真实的科学环境中，并在其中揭示科学教育活动的因果关系。因此，原始问题教学所采用的方法，具有既不同于习题教学强调推导、演算而忽视学生能力培养的特点，又不同于研究性学习为探究而牺牲知识传授效率的特点。它强调给定的情境虽然是原始的，但问题本身又必须是严格的。也就是说，它要求提高科学教育的外部效度，而又毋需以降低内部效度为代价。因此，原始问题教学就具有以下教育价值。

首先，它有助于解决目前科学教育内部效度和外部效度不能同时得到满足的矛盾。我们知道，习题教学虽然内部效度较高，但缺乏外部效度。一般认为，内部效度是外部效度的必要条件，但不是充分条件。内部效度低的教育结果就谈不上对其他情境的普遍意义；然而内部效度高的教育结果却不一定能够一般化到现实中去。研究性学习虽然具有较高的外部效度，但却难以保证科学教育的内部效度；原始问题由于将习题的严格控制应用于科学现象之中，并且经过抽象之后可以成为习题，就使得它在一定程度上具备高效完成间接经验知识内化的功能，从而将内部效度和外部效度较好地统一起来。

其次，在原始问题教学中，学生的认知心理与行为表现都比较真实，因此，能够较好地揭示科学教育中心理规律和学习规律。为了验证这一观点，我们运用原始物理问题和由其改编而成的习题对高中学生进行了测试，结果表明：原始物理问题卷的平均分为 39.5，而习题卷的平均分为 70，差异显著，且前者得分呈正态分布，后者呈偏态分布。<sup>[4]</sup>这说明，原始问题虽然也有一定程度的控制，但没有像习题那样几乎完全排除环境的影响，从而保证了学生的心理及行

为变化仍然是现实中各种因素综合作用的结果。

教育心理学的研究指出，教育与实际情境的相似性是教育效果的关键因素。而且，这种相似性越高，教育结果的可应用性也越高。甚至教学所采用的方式，也应该尽可能接近教育结果所要应用的实际情况，这样才能在更大程度上提高教育的效能。

第三，可以根据教学的需要选择数量合适的原始问题供学生练习，以保证掌握知识和培养能力的需要。事实上，科学概念和规律只有在原始问题中才有生命力，才能显示出其内涵、色彩、格调，才能显示出其内在的理由、作用和功能，学生学习过的概念和规律才能真正活起来，这样才能提高学习效率。通过一定数量的原始问题训练，当学生解决实际问题时，各种各样的策略才能够迅速检索而无须搜肠刮肚地对照做过的题型，才有可能在处理前一个步骤时就在大脑中预感下一个步骤，根本无须暗暗回忆各种题型再思量其意义。即使学生进行创造性活动，也能凭直觉而非经验去探索正确的解决途径。所以，正是在这个意义上，我们认为原始问题教学不仅可以使学生有效地学习科学知识，而且也能很好地培养学生的能力。

从相互作用心理学的视野来审视，我们更能体察出原始问题教学与习题教学的本质不同。20 世纪 70 年代以来，心理学研究中逐渐形成一种较新的思路，其基本思想集中于行为发生过程中人与环境的多向性交互作用，并且认为，在这种交互作用中，人与情境是相互依存而非单方面所决定。其基本观点有四个方面：1. 个体的行为是他们与所处情境之间多方向的连续的交互作用结果；2. 个体在这一交互作用过程中是有意识的和主动的；3. 在交互作用的人的方面，认知和动机因素是行为的基本决定因素；4. 在交互作用的情境方面，情境对于个体所包含的心理学意义是重要的决定因素。<sup>[5]</sup>相互作用心理学的新思路，为从个体和情境两方面对学生学习科学的心理过程作出描述、解释和预测，提供了理论和方法方面的基础，特别是对情境研究提供了较系统的分析手段，分别从“情境内交互作用”和“情境间交互作用”考察情境的心理学意义。

因此，为了克服习题教学的局限性，科学教

育应当走出单一习题教学的禁锢，在真实的情境中研究学生的学习心理与科学教育活动，重视科学教育活动中学生与科学现象的多向性交互作用，以保证科学教育活动具有较高的生态学效度，具有较高的应用价值。而原始问题教学则使教育生态学的思想转变为现实成为可能。

当然，还应当指出，强调原始问题教学并不是完全排斥习题教学，否定习题教学的价值，而是主张在保留习题教学优点的同时，克服其不足，并通过两者的相互结合来达到提高科学教育效能的目的。

### 三、原始问题的教育功能

现代认知心理学的研究认为，人的思维生理基础是人的大脑。人脑有多达 150 亿个神经元，靠其突触相互连接构成无数条通路。这些通路构成了人类后天学习结果无限多样性的生理基础。因此，人脑不仅是一个生物系统，同时又是一个耗散结构。

耗散结构理论指出，一个开放系统，在远离平衡态的条件下可以由混沌向有序方向转化；有序的组织可能通过一个‘自组织’过程从无序和混沌中‘自发’地产生出来；自组织的显著特点是它通过突变过程而完成的，这个突变发生在事物由低级到高级阶段之间的‘分叉点’上；在发生突变之前，系统通过正反馈与外界交换物质、能量和信息，使有序状态参量不断增强，超过临界值系统便进入高一阶段，这个高级阶段叫“耗散结构”，因为比起平衡结构，它要求消耗更多的能量来维持。

我们的研究表明，在科学教育中进行原始问题教学，可以较好地创设使学生的大脑从混沌向有序方向转化的条件，因此，原始问题教学具有以下教育功能。

#### （一）使学生的大脑充分开放

根据耗散结构理论，一个系统只有开放才能有序。这是因为，有序的结构需要输入物质、能量或信息，并与外界进行交换才能维持，封闭的系统无法进行有效的交换，因而最终变为混沌。传统的习题，往往与科学现象相脱离，充斥着小球、轻杆、木块、斜面……使学生处于模型和模块的包围之中，却往往不问其生活源头，感受不

到科学现象真实与鲜活的一面，久而久之便桎梏了创造性思维的发展。由图 1 可知，习题在一定程度上就是一个封闭系统，其边界为虚线框，它基本上排除了环境因素的影响，因而不能使学生的大脑充分开放。

原始问题则不然，由于具有生态性和开放性等特点，就决定了原始问题的解决必然是探索和发现的过程。面对一个信息庞杂、客观真实的原始问题，学生很难找到可以拿来直接仿效的原型，需要通过独立思考，不断尝试，对问题进行探索。只有摆脱习题的束缚，学生的思维才可能脱离平衡状态。

#### （二）使学生的思维远离平衡状态

根据“耗散结构”理论，非平衡是有序之源。我们的思维之所以不断深化，是因为在大脑的认知过程中，原来认知结构的平衡状态被外来的刺激所打破，发生了“同化”或更深刻的“顺应”过程，使原来的认知结构得到充实或变革，达到新的水平和新的平衡。习题和原始问题的区别就在于，前者很难打破学生思维的平衡状态，而后者则刺激学生积极思维。由图 1 可知，原始问题的解决除了推导、演算等过程外，还包括建立模型的分解、简化、抽象等思维过程以及对原始问题加以直觉的认识、分析和判断过程，从而使学生的思维远离平衡状态，并达到培养学生创造性思维的目的。

#### （三）促进学生思维非线性相互作用的发展

“耗散结构”理论指出，只有在系统内各要素之间存在着非线性相互作用的机制下，才能形成耗散结构。因为非线性相互作用，使各个要素之间产生相干效应和协调作用。

当学生解决原始问题时，外界提供的信息常常是不充分的，有很多空白点，仅凭逻辑思维很难窥探问题的本质，此时，直觉思维不受“逻辑顺序”束缚的特点便可发挥作用。直觉思维作为一种与逻辑思维截然不同的思维，是一种非线性思维，其特点在于思维的触角可以伸出非常远，往往在还没有看清楚问题解决途径的时候就抓住了它的精神，然后再想办法把中间的路径联系起来。虽然并不能保证每一次都能成功，但如果不去伸出直觉思维的触角，就永远也走不远。爱因斯坦曾高度评价直觉思维的重要价值，他指出：

“物理学家的最高使命是要得到那些普遍的基本定律，要通向这些定律，并没有逻辑的道路，只有通过那种以对经验共鸣的理解为依据的直觉，才能得到这些定律。”<sup>[6]</sup>高屋建瓴地说明了直觉思维的创造价值。

对于原始问题促进思维非线性相互作用的功能，一位物理教师通过教育行动研究进行了实践，取得了较好的效果。依据行动研究是“由社会情境（教育情境）的参与者，为提高对所从事的社会或教育实践的理性认识，为加深对实践活动及其依赖的背景的理解所进行的反思研究”的理念，<sup>[7]</sup>教师在课堂上向同学们提出了这样一个原始物理问题：“在宇航飞行时人们处于失重状态。失重给宇航员的生活和工作带来很大不便，因此，有必要制造一个‘人造重力’装置。‘人造重力’能否实现？”<sup>[8]</sup>显然，这一问题只有在思维的各个要素产生相干效应和协同作用下才有可能解决。

（四）通过随机涨落促进学生思维从无序到有序的转变

“耗散结构”理论提出，处于近平衡区的系统，其内部的涨落将会进一步导致结构的破坏，使系统进入无序状态。但对于远离平衡区的系统，涨落却可能成为促使系统从不稳定状态跃迁到一个新的稳定有序状态的诱因，涨落就可能被放大，导致系统失稳，把系统推到临界点上，并进而由随机涨落进行选择，沿多种可能途径中的某一分支进入一个新的状态。

在科学教育中，当学生的思维系统到达临界点时，系统内很多参量如美感、新颖性、解释性、复杂性、包容性、理解性等，其中一些可能会很快衰减，而另一些则可能越来越被放大。这种情况常常是在突然之间发生的。这是因为，系统发生非平衡相变时状态参量是从零越过临界点到达一个非零值的，思维的这种状态就是灵感被激发的状态。如前所述，对于‘人造重力’问题，“李辉同学提出了根据角动量守恒定律，设法使航天站和配重所构成的系统不停地做匀速圆周运动，从而使‘人造重力’实现的方案；刘娟同学则建议把配重做成另一个航天站同时送上太空，两个航天站绕着它们的中点转动的方案；而罗敏同学进一步提出了把连接两个航天站的支架

改成管形通道的方案。这时，李辉突然说：‘有了！我把航天站做成密封的圆环状，从地面发射到达预定轨道后，通过动力使环形舱获得一定角速度绕圆环的中心转动，撤去动力，由于角动量守恒，环形舱可以不停地转动下去，宇航员便可以在类似地面重力的情况下生活了。’”<sup>[8]</sup>于是，通过这个被随机放大的涨落（管形通道），李辉同学完成了思维从无序到有序的突变。这就是涨落导致有序。

总之，原始问题教学使科学教育从纯粹的知识传授模式中走出来，进入科学知识传授与应用相结合的新阶段，从而使科学教育更符合其培养目标。在科学教育思想上，它引起了一次革命，打破了传统科学教育中习题教学占据统治地位的格局，提出了解决科学教育外部效度的有效措施，它拓展了人们的科学教育视野，拓宽了科学教育的范畴，进一步增进了人们对于科学教育规律的理解与认识，从而有助于更好地实现科学教育目的。

#### 参考文献：

- [1] 教育部考试中心. 高考物理能力考察与题型设计 [M]. 北京：高等教育出版社，1997. 258.
- [2] 杜殿坤. 原苏联教学论流派研究 [M]. 西安：陕西人民教育出版社，1993. 362.
- [3] 林纯镇，吴崇试. 我国赴美物理研究生考试历届试题集解（1980—1984） [M]. 北京：高等教育出版社，1985. 代序.
- [4] 王静. 高中学生解决物理习题与原始物理问题的比较研究 [D]. 北京：首都师范大学，2005. 46.
- [5] Joseph P Forgas, Guus L Van Heck. *The Psychology of Situations* [A]. Gian-Vittoria Caprara, Guus L Van Heck (eds.), *Modern Personality psychology* [C]. New York: Harvester Wheatsheaf, 1992. 422.
- [6] 爱因斯坦文集 [M]. 许良英，李保恒，赵中立，译. 北京：商务印书馆，1977. 102.
- [7] 林崇德. 教育与发展 [M]. 北京：北京师范大学出版社，2002. 158.
- [8] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准（实验） [S]. 北京：人民教育出版社，2003. 71—72.

（责任编辑：钮 瑛）

From Exercises to Initial Questions: A Great Innovation in the Way of Scientific Education