

# 科学教材的问题分类坐标构建与应用

胡扬洋

(首都师范大学 教育学院;北京 100048)

**摘要:**科学教材中科学问题的编写与设置需要进行继往开来的探索。在原始问题的启示下,科学问题的结构被界定为观念生态与情境生态的交叠与冲突。基于此,以情境生态为横坐标、以观念生态为纵坐标的科学问题分类坐标系得以构建。在分类坐标下,科学习题、应用类原始科学问题、思辨类原始科学问题以及第三类原始科学问题的坐标与内涵得以凸显。分类坐标的应用与展望包括科学问题结构对科学问题编制与教学的启示、在科学教科书体系中增加原始科学问题以及发挥科学问题分类坐标的测量功能。

**关键词:**科学教育;科学教材;科学问题;原始问题;科学习题;教材编写;观念生态

**中图分类号:**G423.3 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-8129(2015)06-0080-06

## 一、问题的提出

问题的设置在科学教学以及教科书编写工作中具有重要地位,然而相关研究长期以来则仍然存在盲点与空白。老一辈物理教材编写者张同恂先生在总结物理教材五十年编写历程时谈到:“习题虽然不断改进,还是觉得题目不够精彩。跟课文比起来,似乎在习题上下的功夫少。”<sup>[1]</sup>对此,应该肯定的是,我国科学教科书建设几十年来所取得的成就是巨大的,然而对其进行继往开来的探索则是当代科学教育研究者的新使命。

在研究领域,近年来,“原始问题”的系列研究取得了一定进展,并展现了有效的测量价值与应用前景<sup>[2-8]</sup>,这些研究工作既为科学教科书的建设与教学实践提供了重要的研究参考,也需要教科书编写实践作出合理的转化与应用。事实上,科学教科书作为系统性、规范性的教学媒体,其中科学问题的设置必定要经由深入的研究与合理的筹划,并实现系统与规范的布局,从而为科学教育水平的提升发挥积极的、引领性的作用。

## 二、科学问题分类坐标的提出与构建

### (一)科学问题的内涵与结构

什么是科学“问题”?“原始问题”这一概念的提出为“问题”与“习题”划定了明晰的分野,从而极大地深化了对“问题”的认识。原始问题被认为是对自然界及社会生活和生产中客观存在、能够反映科学概念和规律本质且尚未加工的科学现象的描述。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。两者的关系与区别如图1所示<sup>[9]</sup>。

收稿日期:2015-07-22

作者简介:胡扬洋,首都师范大学教育学院博士研究生。

基金项目:人民教育出版社课程教材研究所“十二五”课题“高中物理必修教科书中科学方法的呈现研究”(KC2014-049),项目负责人:邢红军、谷雅慧。

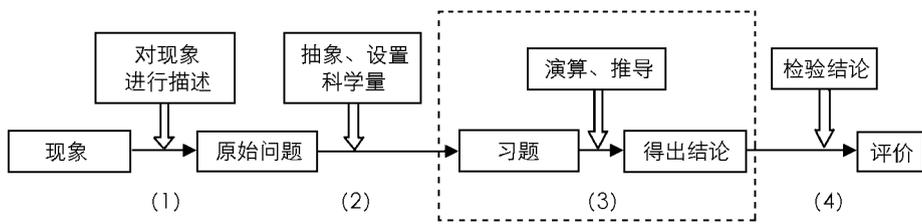


图1 原始问题与习题关系图

传统的习题局限于图中的虚线框内,缺失了从科学现象出发、聚焦问题、建立模型、设置科学量等原始问题的特有心理表征(representation),而直接从“小车”、“滑块”等抽象完成的模型与质量(m)、体积(V)等明确的科学量出发,这就必然导致科学教育的片面与异化。相较而言,原始问题作为“对现象的描述”,彰显了生态化的教育功能。由此,抽象化还是生态化、模型起点还是现象起点,就成为了问题与习题的本质区别。进一步,科学问题结构的剖析就应该在原始问题这一更加全面的视域下展开。

需进一步明确的是:单有“现象”并不足以构成一个“问题”,问题的产生是人的观念与客观现象相互作用的产物,因为“问题”并不是绝对客观的陈述。事实上,面对一个(种)现象,不同的人在不同背景下往往会发现不同的问题,有人(时)可能根本不认为存在问题。由此,对于科学教学工作使用的科学问题,我们必须将其界定为在学生心理层面形成“问题感”,即“意识到有问题的存在”,并产生“疑问”的心理状态。这一要求是科学教学工作专业性的必要体现。

如图2所示,问题的产生只能发生于人的主观观念与客观情境交互之处(时)。一方面,人的观念并非单一的结构,而是一种具有层次性的、多元共生的生态系统,因此用“观念生态(conceptual ecology)”才能更为合理地描述,这一描述已经在概念转变等研究中得到了认可与体现<sup>[10]</sup>;另一方面,“现象”亦不足以表征自然的生态性,因此须用“情境生态”来进行概括。基于上述界定,(科学)问题就发生于观念生态与情境生态的交叠之处与矛盾之时。以上就是关于科学问题结构的基本认识。

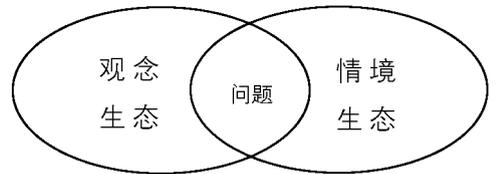


图2 科学问题结构图

### (二)科学问题分类坐标系的构建

科学问题基本结构的厘定为其精细化分类提供了可能。在逻辑学的意义上,任何分类都需要基于确定、统一的标准,这也是科学问题分类应该遵循的。同样基于对科学问题结构的认识,我们作出如下分析:首先,科学问题的解答者作为特定学段的学生,他们的观念背景必定存在个体间的差异和群体间的相对一致,并且他们的观念在解题时发生了卷入,由此,“观念生态”就对科学问题的产生构成了一个变量;其次,问题表述对情境生态化程度的呈现亦存在由抽象到生态化的变化区间,因此,“情境生态”也构成了科学问题的另一个变量。以上述两个变量分别为横坐标和纵坐标,就可以得到科学问题分类的坐标体系(图3)。

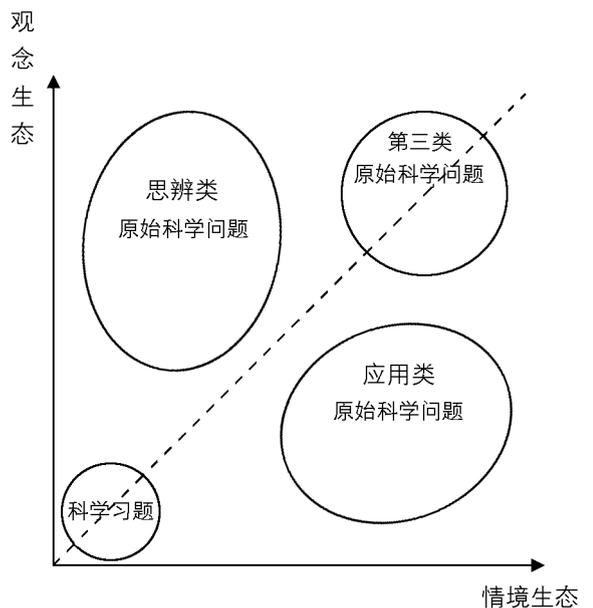


图3 科学问题分类坐标系

如图3所示,分别以“情境生态”为横坐标、

以“观念生态”为纵坐标构成了科学问题分类坐标系。每一个科学问题都可对应于坐标系中的一个点,其所在位置对应的坐标就呈现了问题的情境因素与观念因素的生态化水平。若在坐标象限中划分出不同的区域,就可以表征科学问题的不同类属与特性。

### 三、分类坐标下的科学问题类别

如图 3 所示,在科学问题分类坐标系中,作坐标象限的角平分线,即可以区分坐标系中的三类科学问题。

#### (一)科学习题:情境生态与观念生态的双低

在分类坐标系中,科学习题位于靠近原点的角落,显示了其情境生态与观念生态水平的双重低下。这种习题不需要学生在信息含量丰富的情境中运用洞察力、抽象能力建立科学模型,也不需要积极调动自己的整体观念、并将自己的科学认知结构与情境生态进行匹配。在习题解完后,既不需要将结果还原入情境生态检验其合理性,也不需要重新置入观念生态中理解其科学意义。因此,科学习题对学生科学能力的培养是片面的,其教育功能也是极其有限的。如果长期停留于科学习题的演练,则势必造成“题海战术”的泛滥,并遮蔽科学的真实面相。此类科学教育中的弊病已然受到了诸多有识之士的关注。也正是在这一意义上,科学习题的教学必须在适当的教学环节与教育阶段加以替代。

#### (二)应用类原始科学问题:情境生态水平高于观念生态水平

同样在分类坐标系中,象限角平分线以下靠近横坐标轴的区域,对应为“应用类原始科学问题”,其呈现的情境生态水平要高于观念生态水平。

例如:

空中轨道列车是悬挂式单轨交通系统(图 4)。轨道在列车上方,由钢铁或水泥立柱支撑在空中。它可以以一定的时速,采用电力驱动、橡胶车轮,悄无声息地在地面交通工具“头上”运行。具有节省空间、造价低廉、噪声小、便于装卸等优点。为使其运行安全、避免损耗,为空轨设计了最大横向摆动幅度,请问这一设计摆幅为多大?



图 4 空中轨道列车

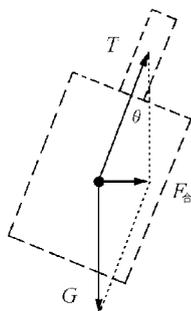


图 5 空轨摆幅受力分析

这一“空轨摆幅”问题运用了生动、完整的描述,并且提供了一幅形象的插图,情境的生态化程度较高,而解决问题所需要的观念背景则比较简单与单一。较易得到:空轨转弯时会发生摆动,重力与悬架拉力的合力提供向心力,如图 5,由几何关系得: $mg \tan \theta = m \frac{v^2}{R}$ ;即  $\tan \theta = \frac{v^2}{gR}$ ,其中  $R$  为平面转弯半径。整个过程仅运用了圆周运动、受力分析的相关物理学知识。

这类原始科学问题具有特有的教学价值。其一,它们基于真实的问题情境,需要大量抽象与概括思维的运用,对学生进行思维训练有较大的帮助;其二,对学生具有足够的现实感,如上述的“空轨”问题就关涉到学生的日常生活,现实性很强。总之,这类原始科学问题易于联系前沿技术与生产生活,且不涉及深奥的科学内涵,有助于提高学生科学学习的兴趣并拓宽学生的科学视野,因此

值得在科学教科书编写中有针对性地设置。

### (三) 思辨类原始科学问题: 观念生态水平高于情境生态水平

图3中,象限角平分线以上,靠近“观念生态”坐标轴的区域对应的是“思辨类原始科学问题”,这类问题已经受到了一些学者的关注<sup>[11]</sup>。思辨类原始科学问题较少或根本不涉及应用领域与生活情境,甚至直接基于科学学科本身,其目标是深入理解科学学科内涵与结构。例如:(1)加速度是否是描述运动方向变化快慢的物理量?(2)能量为什么是守恒的?(3)牛顿第一定律是否是牛顿第二定律的特殊情况?(4)库仑定律公式中,库仑力为何与距离成平方反比的“二次方”关系?

以上问题的解决,需要对科学学科基本概念、基本规律、基本结构进行深入的反思与理解,从而实现认知结构的融会贯通。显然,以上工作需要的观念生态水平远高于情境生态水平。例如对第四题的回答,足够高度的理解是:这样才能使高斯定理与空间几何关系相一致。这种理解是将几何公理作为了“因”,而将物理定理作为了“果”的地位,由此自然产生了对学科内涵的全新审视。

思辨类原始科学问题看似有相当的难度,然而这种“难度”亦是科学教育的应有内涵,即科学理论的、深邃的一面。现实中,虽然科学的社会形态不断流变,然而一直以来都有对“纯科学”<sup>[12]</sup>保有与发展的呼吁,即基于理论兴趣的、理性提升的科学态度。可以说,理论的兴趣是科学文化的深层内核,科学教育理应担负起发展科学理性和升华人类灵魂的责任。基于这一思考,思辨类原始科学问题也应被有意识、有计划地纳入科学教育中。

### (四) 第三类原始科学问题: 情境生态与观念生态的双高

如果将应用类原始科学问题称为第一类原始科学问题,将思辨类原始科学问题称为第二类原始科学问题,那么情境生态与观念生态均为高水平的就可称为“第三类原始科学问题”。同样在图3中,第三类原始科学问题对应于象限右上角的区域内,这类问题不仅情境信息完整丰富,而且解题需要卷入的观念背景复杂多样。因此应该承认,编制第三类原始科学问题是不容易的。

美国 Prentice-Hall 公司于 2006 年出版的《CONCEPTUAL PHYSICS》(《概念物理》)教材中呈现了如下问题,是比较典型的第三类原始科学问题:

在地磁南北极转变的过程中,若地磁场刚好为零,则地球表面宇宙射线的强度将会有哪些变化?对地球的物种有哪些影响?(根据化石证据,普遍的理论认为没有地磁场时宇宙射线对生命产生的影响就如同 X 射线对果蝇的影响)<sup>[13]</sup>

该问题中,解题需要的观念涉及地磁场理论、生命科学、物理学、地质学等多元背景,情境的呈现则以地球及其生物系统作为背景,体现了高度的生态化,因此,本题可算作一道合格的“第三类原始科学问题”。生态化水平更高的第三类原始科学问题还可以体现对文化史、思想史、哲学观、历史观的联系与考察,对观念生态的卷入与联系则可深入到潜意识与下意识层面。此类问题的编制要求编写者占有大量的科学研究成果与资料,并深入剖析学生的观念背景与心理结构,这样才能编制出良好的问题,并使其教育功能得以充分发挥。总体而言,第三类原始科学问题在基础科学教育中不宜过多,应谨慎编制,应发挥此类问题对科学学习的引领作用与对科学课程的整合功能。

## 四、科学问题分类坐标的应用与展望

科学问题分类坐标系的构建为科学教材编写与系统地设置科学教学问题提供了合理的基准与参照,具有良好的应用与发展前景。

### (一) 科学问题结构对科学问题编制与教学的启示

科学问题分类坐标构建的基础是对问题结构的分析,这一观点对问题编制与教学的启示在于:不应仅关注外在的问题表述,还应关注学生观念生态在解题中实质性的卷入程度。因为如前所述,问题是解题者观念生态与情境生态交融、冲突的产物,而两者冲突的尖锐程度才是科学问题真正的“问题空间”。从意识发生与构成的视角来看,科学问题就是学生将整个观念生态投射向问题情境

时产生的冲突“感”与问题“感”，也即心理学角度的问题“焦虑感”。在教育学的意义上，“问题感”则是“讶异”的同义语。“哲学源于惊异”，科学学习者只有生成对自然“惊异”的能力，才有可能开启真正的科学认知与哲学思考，从而实现教育的本真之义。由是观之，科学问题的编制与教学还需要科学教师进行更多的研究，并运用更多的教育智慧<sup>[14]</sup>。这意味着，在教学实践中，科学问题的编制与教学在呈现客观情境的基础上，还应着意用特定的文字表述，联系学生的观念背景，揭示情境与观念的尖锐冲突，这样才能使学生产生解决问题的强烈动机，并在解题后实现更多的发展。

## (二)在科学教材体系中增加原始科学问题

在科学问题分类的框架下，容易发现我国现行物理、化学、生物等教材体系中原始科学问题设置的不足，而上述的三类原始科学问题都比习题呈现出了更高的教育功能与价值，因此需要在科学教材建设与课堂教学中充实与强化原始科学问题。

如前所述，原始科学问题之所以具有良好的科学教育价值，是因为考察了其抽象、建模的过程。在科学哲学的视域下，将生态化的现象与观念的生态融合、概括为一个科学学科问题，实际上正是将情境生态纳入科学的研究“范式(paradigm)”。而对科学范式的熟悉与掌握则正是科学专业性的集中体现。对于非专业人士，这是不容易的。在这个意义上，原始科学问题是对科学范式介入程度、熟练程度的考验。因而，能够提出并解决原始科学问题的学生更具备一名科学家或科学工作者的潜质。

在前述三类原始科学问题中，当前更值得强调的是思辨类原始科学问题的编制与教学。诚如有论者指出，这是当前人们研究原始问题时普遍忽略的<sup>[11]</sup>。思辨类原始科学问题要求学生深入理解科学学科内涵与结构，这有助于学生科学理论与理论思维的发展。与应用类原始科学问题相比，在教学中，思辨类原始科学问题可以作为贯穿一节、一章甚至几章教材的线索，引出重要的科学思想<sup>[11]</sup>。如是观之，此类原始科学问题的教学功能还有极大的开掘空间。

事实上，思辨类原始科学问题的提出与应用所代表的正是国际科学课程改革的一个重要方向，即增强中学科学课程的理论化程度。这在美国《概念物理》、德国 KPK(卡尔斯鲁厄)物理教材中都得到了鲜明的体现。例如，《概念物理》“标量和向量”一节就设置了如下问题：标量与向量有什么不同？为什么速率是标量而速度是向量？这两个问题虽然简单，但是由于是在标量与矢量比较的背景下，因此要清楚严密地回答这一问题并不是容易的，并已然透出理论与思辨的意味。增加思辨类原始科学问题的设置可以从科学结构与科学思想史两个方面汲取素材，并作出审慎的加工。

## (三)发挥科学问题分类坐标的评价功能

科学问题分类坐标的规范性使其具备了对科学课程中问题系统的测量与评价功能。具体的操作为：如果将问题分类坐标系中的横、纵坐标作出更为精确的定标，则可以对某个科学问题在坐标系中的位置作出确切的定位。整个课程体系中的科学问题就表现为坐标象限内的点集，其位置分布与疏密程度就可以直观地反映科学问题呈现的侧重点与盲点。进一步，可以用统计学的方法计算点集的集中程度与离散程度，甚至引入某种函数加以刻画<sup>[15]</sup>。由此，就为不同科学教科书的比较与测评提供了一种有效的工具。

在具体章节的教学中，分类坐标可以用来测量特定章节科学问题的分布特征，从而加强教师对章节教学内容的理解和把握。对高考等学科考试，科学问题分类坐标也可以发挥评价功能，以优化科学问题的类型与分布，从而提高评价的质量和专业化水平。

### 参考文献：

- [1] 课程教材研究所. 新中国中小学教材建设史(1949—2000)研究丛书:物理卷[M]. 北京:人民教育出版社,2010:398.
- [2] 邢红军,陈清梅. 论原始物理问题的教育价值及其启示[J]. 课程·教材·教法,2005,25(1):56-61.
- [3] 邢红军,陈清梅. 从习题到原始问题:科学教育方式的重要变革[J]. 课程·教材·教法,2006,26(1):56-60.
- [4] 邢红军. 原始问题教学:物理教育改革的新视域[J]. 课程·教材·教法,2007,27(5):51-57.

- [5] 邢红军,陈清梅. 原始物理问题测量工具:编制与研究[J]. 课程·教材·教法,2008,28(11):59-63.
- [6] 邢红军. 自组织表征理论:一种物理问题解决的新理论[J]. 课程·教材·教法,2009,29(4):60-64.
- [7] 邢红军. 从数据驱动到概念驱动:物理问题解决方式的重要转变[J]. 课程·教材·教法,2010,30(3):50-55.
- [8] 邢红军,罗良,林崇德. 物理问题解决的影响因素研究[J]. 课程·教材·教法,2012,32(6):91-96.
- [9] 邢红军,刘利. 物理教学促进中学生思维品质的发展研究[J]. 课程·教材·教法,2013,33(7):97-102.
- [10] Posner G J, Strike K A, Hewson P W, et al. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change[J]. *Science Education*, 1982,66(2):211-227.
- [11] 周武雷,蔡托,潘晓慧. 基于原始物理问题的大学物理教学实践[J]. 大学物理,2010,29(6):43-48.
- [12] 亨利·奥古斯特·罗兰,王丹红. 为纯科学呼吁[J]. 科技导报,2005(9):74-79.
- [13] 张恩德,吴江海,高兰香,等. 美国高中物理教材习题特点赏析[J]. 物理通报,2009(2):14-17.
- [14] 周仕德. 中美教师教育教科书比较研究探微——以经典教科书中的“教学”主题为例[J]. 教师教育学报,2014(6):108-114.
- [15] 周九诗,王光明. 国际教育评估与测试的研究进展——基于 ICME-12 的文献[J]. 教师教育学报,2015(2):7-13.

## Construction and Application of the Coordinate System for the Classification of Questions in Science Textbooks

HU Yang-yang

(College of Education, Capital Normal University, Beijing 100048, China)

**Abstract:** Compilation and settings of science problems in science teaching materials requires the development and exploration. In the enlightenment of original problem, structure of science problem is defined as overlapping and conflict with conceptual ecology and situational ecology. Based on this, taking conceptual ecology as the abscissa and situational ecology as the ordinate, we constructed the science problem classification coordinate system. In the classification coordinate system, prominence is given to the location and nature of different types of questions. Application and prospect of classification coordinate include the enlightenment of science problem structure to compilation and teaching of science problems, enhancement of the original science questions in the science teaching material system and the display of the function of measurement of the science problem classification coordinate system.

**Key words:** science education; science textbook; science problem; primal problem; science exercises; textbook compilation; conceptual ecology

责任编辑 唐益明