基于科学实践的小学科学教学策略与实践

黄 真[1],廖卫娟[2],吴冬雪[3]

(1.北京师范大学未来教育学院,广东珠海 519000;2.珠海高新技术产业开发区银星小学,广东珠海 519000;
3.珠海高新区金鼎第一小学,广东珠海 519000)

摘 要:为了顺应国际趋势,培养学生实践能力,以“感受空气”为例探讨小学科学教学,提出基于科学实践要素的教学策略:通过创设情境激发学生提出问题,借助模型助力思维可视化,开展实验促进探究,分析解释数据、论证观点、构建解释、获取评估交流信息等教学策略。基于科学实践的教学对培养学生科学素养意义重大,在教学中各要素要灵活运用、紧密相连,并匹配学生的认知水平。

关键词:空气;科学实践;小学科学;思维模型;教学策略与实践

DOI:10.19935/j.cnki.1004-2326.2026.09.006

引用格式:黄真,廖卫娟,吴冬雪.基于科学实践的小学科学教学策略与实践[J].实验教学与仪器,2026,43(09):20-24.

2011年,美国颁布的《K-12科学教育框架:实践、跨学科与核心概念》(A Framework for K-12 Science Education:Practices,Crosscutting Concepts,and Core Ideas)首次正式提出了科学实践的概念。随后,美国国家研究理事会于2013年发布《新一代科学教育标准》(以下简称《标准》),将科学实践作为第一关键词,对传统的“科学探究”进行了内涵扩展与框架重构[1]。《标准》使用科学实践一词,凸显了融合社会、认知、行为三个维度的实践观。该框架强调课堂探究应以科学概念的建构与理论的修正发展为价值旨归,科学作为社会性活动的特质在课堂上得到充分体现。为了顺应国际科学教育改革趋势,并回应我国科学课程发展的现实需求,义务教育阶段的物理、化学、生物、科学、地理等学科,纷纷将“实践”纳入学科核心素养体系,注重培养学生的实践能力。《义务教育科学课程标准(2022年版)》明确将“探究实践”列为科学课程核心素养的关键要素之一,并将其作为发展学生科学素养的重要途径[2]。然而,如何在课堂层面将科学实践的理念转化为可操作的教学策略,如何平衡开放探究与知识传授之间的张力,仍是当前教学实践面临的重要挑战。

1 科学实践的教学指向

众多发达国家将“科学探究”或“科学实践”作为科学课程的核心取向或基本范式[3],其核心价值在于:不是将确定性知识简单传递给学生,而是引导学生将知识内化为认知世界的方式,以应对不确定世界中的动态变化与复杂挑战,延续科学精神。由此,科学教育的目标从“学生了解科学和认知科学”的理念,转变为“学生发展并运用这些科学认知,并将其作为理解世界的工具”。这种转变推动学生超越死记硬背,转向有目的、主动的知识建构过程。在此背景下,科学实践在教育领域中的地位日益凸显,学生作为实践主体的地位得以强化,在观察、提问、设想、动手实验、表达、交流等实践活动中获得更多的自主性,拥有更充分的思维自主权和认知发展空间。

科学概念和科学理论只有作为更广泛的社会实践和物质实践的组成部分才是可理解的[4]。Dusch[5]认为,在科学教育中应该平衡好概念(conceptual)、认识论(epistemic)以及社会(social)三个方向的学习目标。Stroupe在Dusch的基础上,提出学生应参与综合概念、社会、认识论和材料四个维度的科学实践学习,其中概念、社会和材料维度的实践均为科学知识的建构服务,共同凸显了实践的认识论性质。Suh进一步阐释了《标准》对科学实践三个维度的划分:一是认知维度,包括概念知识和认识论两个方面,强调认识论的重要性,打破知识与实践间的壁垒;二是社会维度,以语言为基础,强调实践共同体的重要性,包括语言和实践共同体两个方面;三是物质维度,以材料为基础,拓展实践活动的时间和空间,包括时空和材料两个方面[6]。可见,美国科学教育中“科学实践”的核心内涵是:让学生在认知、社会和物质三个维度中,通过与科学相关的实践活动产生并深化对科学及其科学知识体系的认识。这些实践在形式上类似于科学家所从事的理论建构和科学建模等科学探究活动。基于对科学实践的心理学实证研究以及科学家实际行为的哲学分析,《标准》进一步从活动类型的角度,将科学实践归

纳为三大板块：操作性实践（如观察、测量、实验操作）、社会性实践（如论证、交流、协作）以及认知性实践（如解释、建模、理论建构），三者共同构成了科学实践的整体图景（图1）[7]。

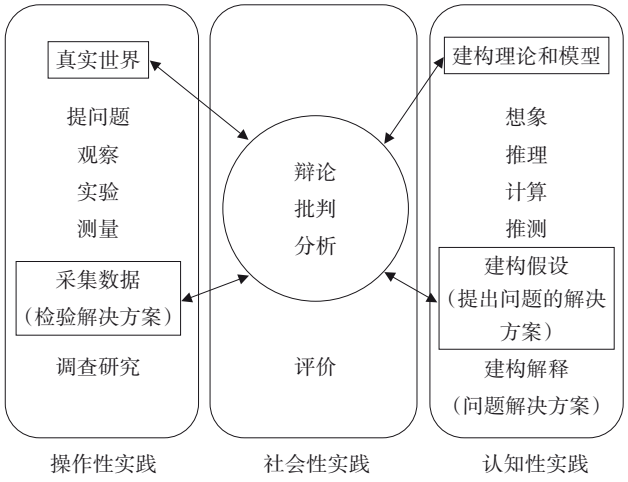


图1 科学实践模型

《标准》明确提出了科学实践包括8个要素：提出科学问题；建构与使用模型；计划和实施调查；分析和解释数据；使用数学和计算思维；基于证据的论证；建构科学解释；获取、评估和交流信息。这8个要素并非以固定的顺序依次开展，而是可以在不同探究情境中灵活组合，为学生提供了探究、建模和理解世界的多元途径。

需要指出的是，《标准》语境下的科学实践与我国传统文化中“实践出真知”的“实践”内涵有所不同。“科学实践”不仅包括物质性的“动手操作”，更包括蕴含创造性思维和科学理性的“动脑”（认知推理）与“动嘴/笔”（交流与论证）。有研究者认为，以“科学实践”取代“科学探究”的进步在于三个“避免”：避免将科学探究窄化为过度强调实验操作、与核心内容脱节的线性步骤集合体；避免在解读科学时陷入两类思维定式，即认为存在唯一的、普适的“科学方法”，或认为“有关科学的一切都是不确定的”；避免因对“科学探究”概念理解不一，导致课堂实践中出现理念混乱、操作随意的教学现象[8]。上述对科学实践内涵的梳理——从科学家的实践活动溯源出发，界定其实践领域，并进一步从科学教育视角细化其操作要义——为科学实践在课堂层面的落地提供理论支撑与实施路径。

2 科学实践的教学实践

基于科学实践的要素，笔者以教科版三年级上册“感受空气”一课为例，探析促进学生科学实践的课堂教学。

2.1 提出科学问题：情境激发好奇心

科学问题关乎自然的原理、法则、规律，它推动科学的进步，属于“是什么”“为什么”的问题[9]。科学是从问题开始的，合理地提出问题相当于解决了一半的问题。提出的问题应该具体、可解决，能够通过观察、试验、收集数据、分析数据等方式，实现对科学假设的验证、修正或推翻。

三年级的学生应该能够制定和完善可凭经验回答的问题，并据此设计调查或建构实用的解决方案。“感受空气”在课程开始时，教师设置一个真实的游戏情境：出示一个盲盒，里面放了一些东西，包括铅笔和橡皮，请学生摸摸里面都装有什么。在学生纷纷摸出来后，进而再次提问，引发学生的好奇心：“里面还有一种很重要的东西，你们知道是什么吗？”有的学生能猜出来是看不见、摸不着的空气。请学生回顾关于空气的已学知识和生活经验，由此提出本节课的科学问题：“空气除了摸不到之外，它还有哪些特征？你怎么证明？”

2.2 建构与使用模型：思维可视化的助力

模型是对“真实物体、单一事件或一类事物相对应的而且具有解释力的试探性体系或结构”的表征。科学模型是抓住一种自然物体或现象的核心结构关系而建立的简化表征。科学研究者会发展和使用各种各样的模型、模拟自然现象并形成对自然现象的解释。

模型包括概念模型和心智模型。概念模型包括数据图表、实物复刻、数学表征、类比和电脑模拟。心智模型是概念模型生成与解读的内生认知基础，驱动着假设生成与因果推理；它在物质操作与社会互动中不断经受检验并动态演化，充当着个体内在思维与外部多元表征（如图表、实物）之间的转换枢纽。模型可以是内化的，以心智模型的形式存在；也可以是外化的，以各种表征方式呈现（如图表、三维物体）。三年级学生可以用多种类型模型表征和解释现象，如用组织结构图、3D模型等。

在“感受空气”一课中，教师引导学生以气泡图形式，展示学生回答出的空气特征，并告知学生可以用气泡图这样的结构图组织一个事物的特点。在之后的探究实验中，学生不断利用可视化的气泡图丰富自己对空气特征的认知这一内在心智模型（图2）。

此外，在课程最后的比较环节，教师让学生比较“空气和水”“空气和石头”的特征，在分析相同点和不同点时，利用韦恩图引导学生构建两个物体之间共性与个性

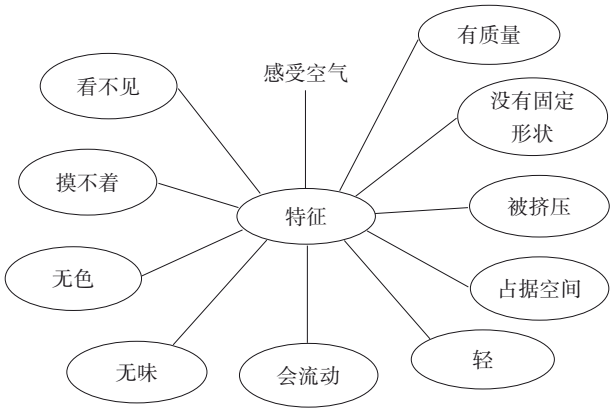


图2 “空气特征”气泡图

特征的关系，将这些思维用可视化的模型外显，促进学生科学思维的发展。

2.3 计划和实施方案：探究实验的设计与开展

科学调查通常基于科学研究的需求，围绕某一科学问题开展。科学家的核心实践活动之一是计划并实施系统性调查，这需要明确记录内容、自变量和因变量。从调查中获得的观察结果和数据既可用于检验现有的理论或解释，也可用于修正或发展新理论。三年级学生应能够判断可收集的数据类型、适用的工具以及测量记录的方法等。

在知道空气具有看不见、摸不着的特点后，教师要引导学生思考可以用哪些方法证明空气的存在。学生基于已有的认知，可想到“用袋子兜”“吹气球”“用注射器抽空气”等方式。教师通过提供必要的工具支持学生开展高质量观察，并分享他们的高质量观察结果。教师提问学生：我们提到的这些方法不仅能证明空气的存在，还能帮助我们了解空气的特征，那么空气还有哪些特征呢？通过身边易得的材料，让学生再用感官感受空气的特征。由此引出本节课的第一个科学探究实验：找空气特征。该实验旨在引导学生通过直接操作常见材料，感知并归纳空气的基本性质。实验材料为塑料袋和气球。教师首先为每个小组提供充足的塑料袋和气球，学生利用这两种材料将空气“捕捉”进来（例如撑开塑料袋后迅速收拢袋口，或将气球吹胀并扎紧口部）。随后，小组内成员轮流对装有空气的塑料袋和气球施加多种不同的作用方式，包括吹气、放气、按压、挤压、掂量轻重、拍打等。在操作过程中，学生需仔细观察塑料袋和气球在外力作用下的形态变化、触感以及释放空气时的现象，并记录各自的发现。小组成员之间相互交流观察结果，共同讨论和提炼空气所具有的特征（如占据空间、可以被压缩、有弹性、有质量等）。整个活动以合作探究的形式展开，鼓励学生在“玩”的过程中主动建构对空气特性的初步认识。

通过第一个探究实验了解了空气的特征后，为了进一步巩固学生对空气特征的理解，将空气与学生熟悉的水、石头作比较，开展第二个探究实验：做传递游戏。该实验旨在通过“传递”任务，引导学生对比固体、液体和气体在容器选择上的差异，加深对三种物质状态特征的理解。实验材料包括三类传递物——石头、水和空气，以及三种可选的传递容器——可封口塑料袋、塑料杯和塑料盘。教师首先布置任务：需要将石头、水、空气分别从一个位置传递到另一个位置，各小组需为每一种传递物选择一种最合适的容器。随后，小组内展开讨论并形成方案，教师向全班提问：“你们组分别选择哪个容器装空气、水、石头？为什么？”各组汇报选择结果并陈述理由，教师引导关注不同容器对盛装固体、液体和气体的适用性。接着，教师播放事先准备好的传递规则视频，让学生明确游戏操作步骤和注意事项。最后，各小组按照规则实际完成传递游戏，在动手操作中验证自己的选择是否合理，并基于体验交流对物质特性的新认识。

2.4 分析和解释数据：现象与本质的连接

学生学习分析和解释数据，能够帮助他们搭建现象和本质之间的桥梁，有助于他们发现事物的本质及其相互关系。在大数据时代，数据分析与解释是学生应具备的基本能力之一。三年级学生应学会系统地分析实验数据，例如找出突出的模式，或检验数据是否与初始假说一致。

在教学中，教师通过语言引导学生描述自己观察到的现象，分享实验探究中的“数据”：气球充气后不扎紧会漏气，说明空气会流动；将充气的气球在空中掂一掂，感觉空气很轻；将空气装入不同容器后形状各异，说明空气没有固定形状；装空气的袋子鼓起来，按压时有阻力，说明空气占据空间；充气的气球可以随意捏成不同形状，说明空气可以被压缩。教师使用各种表征（如图表或模型）支持学生分析和解释数据，在学生汇报上述“数据”时，辅以实物材料和肢体动作进行引导，这些辅助手段也有助于学生建构自己的解释和论证。

2.5 基于证据的论证：观点的碰撞与共识

科学论证是科学家开展科学工作的重要实践形式之一，也是学生在科学学习过程中应用科学理论和观点来

解决问题、澄清认识的重要途径。科学论证要求不同个体提出各自的主张，并为这些主张提供充分的理由。论证的结论通常具有一定的不确定性，且可以接受批评和反驳。在对话语境中，论证体现为个体间的互动过程，其目的在于说服他方接受或支持某一特定的立场。三年级学生应该能够建构一个包含数据支撑的简单科学论证模式。

在学习了空气的基本性质后，教师组织第二个探究活动“做传递游戏”，要求学生论证分别选择哪种容器（可封口塑料袋、塑料杯、塑料盘）来装空气、水和石头，并说出理由。该活动没有固定答案。学生基于对空气、水和石头特性的理解进行思考：有的认为应该用可封口塑料袋装水，因为水有流动性，封口可以防止水洒漏；用塑料杯装石头，因为杯子能稳定固定石头防止滚动；用塑料盘装空气，因为空气很轻且会流动。但这一方案立刻受到其他同学质疑：盘子无盖，空气会迅速扩散，无法传递。经过反驳和讨论，学生逐步修正观点，有学生提出用可封口塑料袋装空气，因为密闭才能保留空气；用塑料杯装水，因为生活中经常用杯子装水；用塑料盘装石头，因为石头无流动性且从盘中不易滑落。在此过程中，学生将科学观念和生活经验建立了联系，把科学知识储备与现象证据相对照，在同学间相互质疑与论证后，最终达成共识：用可封口塑料袋装空气、用塑料杯装水、用塑料盘装石头。

2.6 构建科学解释体系：知识迁移与应用

科学解释是基于科学知识对真实场景进行的逻辑推理与因果分析。研究表明，许多学生并未充分意识到如何将学校所学的科学概念和探究方法应用于学校外的新情境中。在学校环境里，学生很少有机会将知识迁移与自身学习提升相联系。真实世界即真实情境，学生对概念的习得亦体现在运用所学知识对真实世界中的现象做出科学解释上。因而，科学课堂教学中有必要引入“迁移情境”（即真实或模拟真实的应用场景），以促进学生运用所学概念解释更多现象。三年级学生应能利用公认的科学理论知识建构对现象的解释，并将其与模型和证据相联系。

在教学中，教师可展示快递常用的空气填充缓冲袋、水上救生使用的浮力背心或救生圈、消防高空救援所用的救生气垫等物品，要求学生分析并解释这些生活与安全防护用品分别利用了空气的哪些特征，以及这些特征在实际中如何发挥作用（如缓冲减震、提供浮力、支撑承重等）。通过对这些真实物品的解释，学生一方面加深了对空气特点的理解，另一方面实现了知识的迁移应用，同时也真切感受到科学知识学以致用的意义，以及科学技术在改善人们生活中的重要作用。

2.7 获取、评估与交流信息：知识的整合与分享

教师要帮助学生评估信息的有效性、准确性和必要性，同时引导学生采用多元方式交流他们的理解。三年级学生应能使用文字、数据表格、简单统计图表以及数学语言（如比较多少、排序）来交流他们的科学理解；能够阅读与其科学知识相称的文本材料（含表格、数据图和图表），并提炼其中传达的关键信息；能识别科学文本或口头报告的主要构成要素（如标题、数据来源和结论），并能制作图文并茂的科学小报或进行简短的汇报，分享他们的发现和观点。

在多次探究空气、水、石头各自特点的基础上，教师借助韦恩图引导学生同时对三种物质进行比较，分析它们在是否占据空间、是否具有固定形状、是否可被压缩、是否有质量等方面的异同。随后，学生对自己的比较结果进行归纳，并选择恰当的可视化形式呈现个人或小组的理解。同时，教师通过提问“通过今天的学习，同学们有哪些收获？”引导学生进行生生、师生间的交流。部分学生提到“学到了空气的特点”，反映了关于科学观念层面的获得。有的学生回答“知道了如何用实验方法发现空气的特点”，体现了对探究过程与方法的内化。在此基础上，教师适时追问：“知道了空气的这些特征，对我们实际生活有什么用？”“空气对人类重要吗？为什么？”学生联系生活经验说：“空气对我们很重要，它无处不在”“人需要呼吸空气”“汽车轮胎充气后能承重”“安全气囊可以缓冲撞击”。这一环节使学生在认知迁移的同时，自然建立起“空气对人类生存与生活至关重要”的价值认同，有效落实了科学课程中“态度责任”核心素养的目标要求。

3 科学实践的教学反思

基于科学实践要素的小学科学教学呈现出多方面的重要意义与特点。

第一，从整体教学效果来看，科学实践的教学对于培养学生的科学素养有着不可忽视的积极作用。以“感受空气”的教学为例，通过各个环节的精心设计与实施，学生在科学素养多个维度上得到了锻炼与提升。在情境创设环节，教师巧妙地利用盲盒游戏激发学生好奇心，引导

学生提出科学问题，这不仅让学生开始关注自然现象中的科学原理，更培养了他们主动思考和发现问题的能力，而这种能力是科学素养的重要组成部分。在后续的实验探究、数据分析、论证解释等环节，学生逐步学会运用科学方法去探索空气的特征，从实践操作到理性思考，不断深化对科学知识的理解，进而提升了自身的科学素养。

第二，科学实践要素在教学中的应用需要保持灵活性。教师不能将基于科学实践的教学局限于固定的模式或流程，也不能将8个要素作为每节课必需的要素，要根据具体的教学内容明确科学实践要素及其之间的关系。在“感受空气”教学中，各要素之间相互交织、协同作用。如在建构科学解释环节，教师引入生活中的空气填充袋等实例，这一迁移情境的设置并非孤立存在，而是建立在之前学生对空气特征的探究、模型建构以及论证等基础之上。教师应根据教学实际情况和学生的反应，适时调整教学策略，灵活运用各个要素，始终指向学生对科学本质的理解。比如在策划与实施方案阶段，当学生提出不同的证明空气存在和探究其特征的方法时，教师能够根据学生的思路提供支持，引导学生进一步深入探究，而不是生硬地按照预设进行，从而使教学过程更加贴合学生的学习需求，促进学生积极主动地参与科学实践。

第三，科学实践的各个要素紧密相连，构成一个有机整体。提出科学问题为后续的探究活动明确了方向；建构与使用模型有助于学生将抽象的概念具象化，辅助他们理解和分析问题；计划和实施调查为学生提供了获取数据和证据的途径；分析和解释数据则让学生能够从现象中挖掘本质；基于证据的论证促使学生在交流互动中深化对知识的理解；建构科学解释将所学知识应用于实际情境，实现知识的迁移与拓展；获取、评估和交流信息则帮助学生整合知识，提升表达和交流能力。在“感受空气”教学案例中，这些要素环环相扣，共同推动学生在科学学习的道路上不断前行。例如，学生在探究空气特征的实验中收集数据（分析数据要素），然后基于这些数据在传递游戏中论证选择容器的理由（基于证据的论证要素），并最终建构关于空气在不同生活应用中的科学解释（建构科学解释要素），每个环节都离不开其他要素的支持与配合。

第四，必须强调科学实践各要素教学要与学生的认知水平相匹配。不同年龄段的学生在认知能力、思维方式和知识储备等方面存在差异，因此教学应因材施教。在三年级“感受空气”的教学中，教师充分考虑到学生正处于从具体形象思维向抽象逻辑思维过渡的阶段，设计了适合他们操作和理解的实验活动，如用塑料袋、气球等简单材料捕捉空气并观察特征。在引导学生建构模型时，选用了直观的气泡图和韦恩图，帮助学生梳理知识。在提问和引导学生讨论时，使用了简洁明了、贴近学生生活的语言。教师依据K-12年级学生认知水平的标准，为三年级学生量身定制教与学环节，使学生能够在自身能力范围内积极参与科学实践，逐步提升科学学习能力，为今后的科学学习奠定坚实基础。这种关注学生认知水平的教学方式，能够确保科学实践要素在教学中有效落地，从而促进学生科学素养的发展。

基金项目：广东省中小学科学教育指导中心课题“小学科学教师改进科学实践教学的行动研究”，编号：GD25KJZ19。

作者简介：黄真（1989—），女，一级教师，研究方向：小学科学教育教学，E-mail：362493619@qq.com。

参考文献

[1] Ford M.J. Educational implications of choosing “practice” to describe science in the next generation science standards[J]. Science Education，2015(99)：1041-1048.

[2] 中华人民共和国教育部.义务教育科学课程标准（2022年版）[S].北京：北京师范大学出版社，2022.

[3] 邵发仙.小学生科学课程核心素养：结构、测评与发展[D].西安：陕西师范大学，2020.

[4] 刘永谋.论约瑟夫·劳斯科学实践哲学的理论创新：从比较的观点看[J].自然辩证法研究，2014，30(04)：123-128.

[5] Duschl R A，Bybee R. W. Planning and carrying out investigations：An entry to learning and to teacher professional development around NGSS science and engineering practices[J].STEM Education，2014(01)：12-20.

[6] 陈昕昕，王祖浩.科学实践的国际经验：理论与实践[J].中国教育科学（中英文），2023，06(01)：84-95.

[7] 林兆星.科学教学如何实现从科学探究到科学实践的转型[J].课程·教材·教法，2020，40(03)：65-69.

[8] 唐小为，丁邦平.“科学探究”缘何变身“科学实践”?：解读美国科学教育框架理念的首位关键词之变[J].教育研究，2012，33(11)：141-145.

[9] 潘洪建，郭桂周，蒋权，等.科学实践及其教学策略（笔谈）[J].教育与教学研究，2020，34(02)：89-128.