

小学科学高阶认知能力的 内涵和培养策略

张 懿 叶宝生

【摘 要】小学科学高阶认知能力的培养有助于小学生系统地形成科学观念,在探究实践中训练科学思维、培养科学态度和社会责任感,将已有知识转化为新知识,进而为发展科学核心素养奠定基础。借鉴布卢姆教育目标分类学为理论,结合小学科学课程的性质和内容,阐明意义建构、审辨判断、转化创造这三种高阶认知能力的内涵,并从“教—学—评”一致性的角度提出小学科学高阶认知能力的培养策略,即在教学目标中体现高阶认知水平、在教学过程中落实高阶认知能力培养、以教学评价保障高阶认知能力培养的有效性。

【关键词】小学科学;高阶认知能力;意义建构;审辨判断;转化创造

现阶段,小学科学教学领域中对高阶认知能力的研究极少,尚无对小学科学高阶认知能力进行专门的概念界定或内涵解释,这导致与小学科学高阶认知能力相关的教育实践缺乏基于学科本位的理论指导,只能实现较浅层次的理论挂靠或行为效仿。本文借鉴美国当代心理学家布卢姆(Bloom, B. S.)的教育目标分类学思想,结合小学科学课程的性质和内容,从认识论、方法论两个方面阐释小学科学高阶认知能力的内涵和培养策略。

一、小学科学高阶认知能力的概念界定

认知能力是指人脑在掌握事物结构、建立事物联系、理解事物规律的过程中对信息进行提取、加工和储存的能力,一般包括感知能力、记忆能力、思维能力等。伴随着认知理论不断发展,一些国外学者对认知能力进行了层级研究,皮亚杰(Piaget)、维果茨基(Vygotsky)都将人的认知发展水平划分了从低到高的阶段。布卢姆教育目标分类学将认知过程按照从简单到复杂、从促进知识保持到促进知识迁移的顺序,分成了六个类别,依次是:记忆(回忆)、理解、应用、分析、评价、创造^{[1]23-69}。其中,记忆(回忆)、理解、应用均属于知识本身层面,与知识的保持联系更为紧密,多被界定为基本认知能力;分析、评价、创造涉及知识的迁移,要依靠更为复杂的学习活动或任务来实现,分析、评价、创造的过程能为学生解决问题提供必要的认知经历,超越了知识本身,属于发生在更高认知水平的高阶认知能力。

“义务教育科学课程是一门体现科学本质的综合性基础课程,具有实践性。”^{[2]1}《义务教育科学课程标准(2022年版)》从学科性质上指明了科学课程的综合性、实践性特点,进一步强调了科学学习与人

们生产生活方式变革之间的联系。在教学中,科学学习与生产生活之间关系的建立,要以对真实问题或情境的科学探究及技术与工程实践活动为桥梁。其中,引导学生对所学知识和方法进行分析、评价、创造,进而通过知识的迁移获得科学学科所特有的思维方式和价值观念,正是培养小学科学高阶认知能力的过程。综上,小学科学高阶认知能力的概念可界定为:在小学科学学习中,以基本认知能力为前提,通过分析、评价、创造等促进知识迁移的认知过程,习得识别外部事物特点及科学规律的能力。

二、小学科学高阶认知能力的具体内涵

布卢姆在教育目标分类学中呈现了认知过程与知识相结合的二维分类框架,其中认知过程维度包括记忆(回忆)、理解、应用、分析、评价、创造六大类^{[1]23-69}。在基本认知能力中,记忆(回忆)表现为长时记忆信息的辨别、识别和提取,包括科学知识中的概念、变化规律、操作顺序和步骤等,是各种知识存在和运用的基础;理解表现为在新知识和已有知识之间建立起联系,更为具体地说,理解是新获得知识与现有心理图式和认知框架的整合^{[1]54},包括含义解释、举例说明、比较分类、模型构建,科学知识中的概念是组成这些图式和框架的基本模块;应用是使用程序去完成练习或解决问题,与程序性知识有着紧密的联系,包括划分类别、推断预测、技术设计、技术实现。这三个维度属于科学知识学习的不同层次,可以理解为知识记忆、知识理解、知识应用,以强调这三个维度均属于知识本身层面。高阶认知能力中的分析、评价、创造三个认知过程迁移应用到小学科学教学中,内涵与表现形式也更加丰富,本文根据其过程特点概括为意义建构、审辨判断及转化创造。

(一) 意义建构

“意义建构”由教育目标分类学中的“分析”发展而来,原指将材料分解成它的组成部分,并确定各部分之间的相互关系以及各部分与总体结构之间的关系,包括区别、组织、归因三个具体的认知过程^{[1]60}。研究发现,此处的“分析”与普通心理学上的“分析与综合”用词有重合,与逻辑学上“分析是从整体到部分、从具体到抽象、从特殊到普遍的认识活动,是对事物各部分的普遍性做出抽象的逻辑规定”^{[3]87-90}这样的说法相类似。本文在小学科学高阶认知能力研究过程中,借鉴皮亚杰认知建构主义的观点,凸显知识或知识之间意义的建构过程,使用“意义建构”一词能更精准表述“分析”过程。意义建构的本质是建构科学知识间的联系、理解科学知识存在的意义,将事实性知识、概念性知识分解成更小的组成部分,在解构和组织中以整体的、更系统的视角确定各部分之间的相互联系和各部分与总体结构之间的关系,理解系统蕴含的意义或揭示系统运转的原因,具体表现为:理解科学知识的产生过程和具有的意义;理解观察实验方法的意义和作用;理解技术系统是由结构实现功能,进而满足人的某种需求。

如学习“水在自然界的循环”,要学习海水蒸发、云层移动、陆地降水、地表径流各个组成部分,理解各个部分组成整体,形成海陆循环。其中,海水蒸发获得淡水是陆地生物生存的根本意义,地表径流孕育各种各样的生命,就是这个系统蕴含的意义,理解“水在自然界的循环是地球生命存在和繁衍的重要原因”的过程就是意义建构的认知过程。再如学习被子植物时,要学习根、茎、叶、花、果实、种子六大器官,掌握各个器官的结构和功能,理解各个器官协同帮助植物体维持自身的生长发育。其中,器官即植物的组成部分,理解各个器官的外部形态和内部结构相互支持协调、构成植物体的各个组成部分双向供给并互为存在条件,就是意义建构的认知过程。

(二) 审辩判断

“审辩判断”由教育目标分类学中的“评价”发展而来,原指基于准则或标准作出判断^{[1]62},落实到小学科学中,审辩判断在“评价”原有内涵的基础上增加了自我反思部分,指以事实和认识的统一性为准则做出反思和评价。“审辩判断”相比于“评价”更加讲究证据和逻辑,在教学中,“审辩判断”不仅包括审辩判断的结果,还包括作出审辩判断的理由阐述,旨在培养学生的批判性思维。这里需要说明,批判性思维不仅包括合理质疑这一个方面,还包括合理置信,即凭什么质疑或凭什么认可。此前,有学者在比较国内外相关论述时,就建议把“critical thinking”翻译为“审辩式思维”,避免汉语交际中“批判”

一词的日常用法造成其偏向负面质疑、忽视正向建构的错解^{[4]59-63,123[5]5-9},本文采用“审辩判断”,即借鉴了这一观点。

结合小学科学课程的具体内容,审辩判断一般表现为两类,一类是对形成科学认识所涉及的证据与逻辑进行判断——说明科学结论是依据什么证据、采用什么方法获得的,能判断科学事实与科学结论的一致性。如研究空气的特征时,以塑料袋、注射器、气球、玻璃杯中有空气为证据,以求同归纳为推理逻辑,抽象概括出“空气占据一定空间”这一特征的过程就是审辩判断的过程,对科学探究中制定计划、获取证据等环节的反思过程也属于审辩判断。另一类是对技术活动的功能与意义进行判断——能说明技术产品所具有的满足人民需求的功能或特点,理解技术产品对社会发展的意义和对道德伦理的影响,同时判断技术产品的负面影响。如学习不同时期的计时工具,要在了解不同计时工具所运用的科学原理的基础上,对比它们的差异性、局限性、发展性,评价它们在保障人类生产生活、推动计时工具演变等方面的作用,就是审辩判断的认知过程。再如学习蔡伦造纸,探讨其在人类知识记载和传承方面的作用,及其与现代造纸技术对比评价其历史意义,都属于审辩判断的认知过程。

(三) 转化创造

“转化创造”由教育目标分类学中的“创造”发展而来,原指要求学生在心理上将某些要素或部件重组为不明显存在的模型或结构,从而生成一个新产品^{[1]64}。这种“创造”常常被一线教师误解为要制作一个实物产品或要在创造中体现出绝对的社会价值,这显然与小学科学教育的创造性思维理念不符。这里需要明确,小学生进行创造的心理结构与科学家、成年人进行创造的心理结构基本相同,但表现内容和形式不同,其显著区别就在于小学生的创造一般不具有或只具有较小的社会价值^{[6]44-48},如小学生在科学课上按照自己的想法折一个纸飞机,对于社会来说,并不是真正意义上的创造,但属于小学生个人层面的创造。另一方面,关于“转化”和“创造”的关系,竹内弘高(Hirotaka Takeuchi)、野中郁次郎(Ikujiro Nonaka)在SECI模型理论的相关论述中将知识分为隐性知识和显性知识,他们认为,未经正式化的知识属于隐性知识,如个人经验与技术等;直观呈现的知识属于显性知识,如书籍、程序中所呈现的知识,并强调知识在组织中能够形成桥梁以促进隐性知识和显性知识的相互转化,知识转化的过程实际上就是知识创造的过程^{[7]45-80}。因此,小学生由知识转化而提出新颖的科学问题、将已有知识转化到新情境中(对教学实验进行改进等),都可视为知识创

造的具体表现,所以,使用“转化创造”的表述更加强调知识间的转化,也属于创造。

小学科学中,转化创造是指将已知的知识或经验要素组成内在一致的新整体或新的功能性整体。在转化创造的过程中,学生必须使用多个来源的要素,把它们整合成为一个新颖的、与自己先前的知识相关的结构模型,创造一个新产品,或者生成比原来更为丰富的内容。转化创造一般分两个水平层次,一是指人的转化创造对整个社会具有创造性意义;二是指人的转化创造对创造者自身来说具有创造性意义。小学生个人层面的转化创造,可为以后实现社会层面的转化创造打下基础。

转化创造的表现大体可分为四类:其一,将已有知识联结形成新知识——学生将所学知识基于一定逻辑进行重新组合,形成新知识。如学生学习某个单元或主题知识后,自己根据各概念的逻辑关系,构建出树状逻辑图、泡状概念图、模块结构图等。其二,将形象特征抽象化,创造出新知识——对科学事物或变化过程进行科学观察,将呈现的各种现象进行抽象概括,创造出新概念或新认识。科学探究过程就是从各种科学现象中获得抽象认识,对抽象认识进行概括,获得更抽象的结论,学生在教师指导下或独立经历科学探究获得新知识的过程,就是集体或个体的知识创造过程。其三,科学方法在新情境中的应用——在解决实际问题时创造性地应用放大法、转化法、对比法等实验方法和归纳法、演绎法、类比法等思维方法。如研究固体的热胀冷缩,可以用对比法,也可以用转化法,还可以用放大法。其四,在技术设计中创造新形象——运用表象类比、表象改造等方法,结合具体需求、具体材料、具体工具,设计新的技术形象,一般经由“想法—方法—作品”的转化过程,将自然之可能通过人之可能转化为现实。小学科学中技术与工程领域的内容,如建造桥梁,学生根据对各种各样真实桥梁的认识,根据具体需求,结合所提供的材料和加工工具,想象并构建出模型桥,就属于此类情况。

三、小学科学高阶认知能力的培养策略

一直以来,保障“教—学—评”一致性被视为教学目标有效达成的关键。《布卢姆教育目标分类学:分类学视野下的学与教及其评价》中将目标、教学和评价彼此相符的程度即一致性表征作为一个重要的论题^{[1]8};2017年版小学科学课程标准在“实施建议”中,明确将“评价建议”列为二级标题,指出教学和评价在课堂实施中要相辅相成,并以鉴定学生的学习质量水平为目的,说明学习评价的原则、内容和方式^{[8]59-70}。历经数年的探索和积淀,2022年版课程标准着力加强了对教学实施的指导,针对内容要求提

出了更加好用、科学的学业要求和教学提示,研制了学业质量标准,“教—学—评”一致性的提法更加旗帜鲜明^{[2]4}。因此,“教—学—评”一致性理念对小学科学高阶认知能力的培养具有借鉴意义。

(一)在教学目标中体现高阶认知能力水平

教学是一种有明确目的的理性行为,教学目标能起到预设学生学习结果的作用,明确教学目标是实施有效教学的重要前提。在小学科学教学中培养高阶认知能力,首先要在教学目标中体现高阶认知目标。

一般来说,教学目标的确定要以课程标准为纲要,但课程标准是课程实施最基本的要求,对主要概念、学习内容和学习目标的描述比较简练,对学习目标中认知过程的表述还不够具体,其中最常见的就是“知道、了解、理解”等心理描述,而这样的表述对学习内容所要达成的认知水平,表现出模糊性^{[9]30-35}。如课程标准中“知道安全用电的常识”和“知道运动的物体具有能量”^{[8]30-32}。这两处学习目标的描述,行为描述均为“知道”,很容易让教师以为是相同的基本认知过程。但实际上,结合高阶认知能力的具体内涵进行分析,可以发现,“知道安全用电的常识”中的“知道”不仅包括基本认知能力中对概念性知识的知识记忆,还可以延伸发展为,在特定情境中或生活情境中对安全用电常识(知识)的应用;而“知道运动的物体具有能量”中的“知道”除了基本认知能力中的知识记忆,还可以迁移为利用求同归纳的方法分析撞击实验与交通事故之间的类比联系,进而建立能量观念,引导学生养成遵守交通规则的意识,这都属于高阶认知能力中的意义建构。上述示例可以说明,相同的行为描述,隐含的认知过程可能截然不同。在一线教师的教学目标陈述中,也常见不明确或显得宽泛的目标,主要表现为目标陈述缺少与认知水平相匹配的具体行为反应描述。而教学目标中,心理描述恰恰是通过具体的行为反应呈现出来的。这说明,要落实高阶认知能力的培养,就要将具体、可操作、可观察的行为反应描述写入教学目标中。

以“比较水的多少”一课为例,教学目标常常被表述为:

科学知识:知道水有一定的体积,体积是可以测量的。

科学探究:通过多种方法比较液体的多少,明确用标准单位测量的意义。

科学态度:通过比较的方法进行分析,帮助学生确立科学标准。

显然,仅通过“知道”“明确”“确立”等行为动词并不能对认知过程进行准确界定,对知识本身表述

过多会使教师忽略知识以外的教学目标,使部分高阶认知过程“自动降级”、学生的认知能力发展受阻。

关注教学目标中与高阶认知能力相关的心理描述,用具体的表述明确教学行为及预设的教学结果,能使教学目标对教学活动的指导更加有效。如,“比较水的多少”一课的教学目标可调整为:

科学知识:知道比较质量和体积可以判断水的多少(1. 用水槽、透明塑料杯、塑料小方盒、注射器等材料可以比较水的体积;2. 用掂量或用天平称等方法可以比较水的质量)。

科学探究:计划用不同方法和材料,按照科学认识的规律,经历从掂量这一非标准化感知判断发展到借助材料进行标准化测量(1. 将水倒入相同的瓶子里比较水位;2. 将水倒入相同的瓶子里用天平称重量;3. 将水倒入相同的小容器里比较能盛多少杯;4. 将水倒入相同的漏斗比较水流过的时间等)的科学认识过程;经历从单因素比较(1. 相同底面积时比水位高度;2. 相同水位高度时比底面积)到双因素比较(制作并使用刻度杯)的思维构建过程。

科学态度:通过将刻度杯与原实验方案的优劣进行对比,理解统一标准是进行比较的前提,意识到建立统一标准是满足日常测量需要、服务生产生活的必然选择。

调整后,教学目标中对知识内容、行为表现及其凭借条件的描述更加详尽,能将教学目标中的认知能力,尤其是高阶认知能力在字面上直观体现出来。对于一些未能在字面上直接体现的高阶认知能力,也很容易通过分析理解得知。如,案例中“意识到建立统一标准是满足日常测量需要、服务生产生活的必然选择”属于高阶认知中的意义建构;“制作并使用刻度杯”的过程是对新知的转化创造;“将刻度杯与原实验方案的优劣进行对比”属于高阶认知中的审辨判断。由此不难看出,通过具体的行为反应描述体现高阶认知水平,将使教学目标更加清晰,具有可操作性。

(二)在教学过程中落实高阶认知能力培养

根据教育目标分类学的观点,目标和教学的一致性不可忽视。分类表中以知识维度和认知过程维度的横纵交织形成了二维的24格教育目标分类示意图(表1),这样就区分出了不同类别(对应格子中的不同坐标)的教学目标。不同类别的教学目标要求采用不同的教学方式,要求设置不同的学习活动、不同的师生角色和课程设计,无论教学目标中的差别如何,相同类别的教学目标一般可采用类似的教学方式。

要落实高阶认知能力的培养,就要设计能与相应教学目标坐标相适切的教学过程。例如,在“热传

表1 小学科学教育目标分类示意图

知识	认知过程维度					
	知识记忆	知识理解	知识应用	意义建构	审辨判断	转化创造
A 事实性知识						
B 概念性知识						
C 程序性知识						
D 元认知知识						

递”一课的教学中,若教学目标的类别只定位在概念性知识的记忆,那么,仅通过重复书写或复述的教学过程就可以实现;若教学目标的类别定位在概念性知识的理解和应用,就要引导学生应用热传递的规律来解释水加热温度升高、热水中的勺柄变热、冰筒中的勺柄凉手等热传递现象。涉及含有高阶认知能力的教学目标时,教学过程需要更加综合、多元,例如,要在“热传递”一课实现意义建构,就要引导学生对得出热传递规律的过程进行回顾,理解证据与推理对科学认识的作用,认识到科学实验是揭示自然界客观规律的重要方法;若要实现审辨判断能力的培养,可以设计学生讨论环节,讨论课上探究的金属杆传热实验、金属片传热实验、冷热水热传递实验在热传递的研究中具有代表性吗?为什么要选择这些材料做实验?若要在本课中实现转化创造,教师可在教学过程的拓展部分引导学生结合热的良导体、不良导体的相关知识设计一个保温装置等等。

因此,各维度高阶认知能力的培养在教学过程中是有规律可循的。比如,事实性知识的记忆可通过指称和分类的教学过程来达成,为确保知识记忆和书写的准确,可适当辅以记录和复述,如认识土壤、昆虫等;概念性知识的理解和应用一般可通过探究实验来实现,如通过对多组实验现象的求同归纳,理解声音是由振动产生的、摆的运动具有等时性等;在意义建构这一高阶认知能力的培养中,教学语言要格外注重启发性,材料的出示要适时且注重层次性,小组讨论或个人分享后一般可用科普视频、资料卡、组图等形式为学生的观点作补充;审辨判断能力可以通过小组讨论、交流表达等教学过程来实现,可设计在科学探究、技术与工程领域的反思评价中,教学中教师要关注课堂的生成和师生交互中的信息;为达成程序性知识(如科学探究流程)的转化创造,教师可引导学生转化已有经验为新问题或新情境制定实验方案,技术与工程领域的转化创造可以将科学史实中相关事物的发展作为主线,在历史重演中进行模仿制作,在模仿后有目的地进行改进或再创造。

(三)以教学评价保障高阶认知能力培养的有效性

评价(这里指终结性评价)的主要目的是诊断学

