

小学科学教学中培养学生高阶认知能力的意义及实践路径

王 帅

摘要：结合小学科学的学科特点，可将布卢姆认知水平分类调整为知识记忆、知识理解、知识应用、意义建构、审辨判断、转化创造六个层次，其中前三个为基本认知能力，后三个为高阶认知能力。高阶认知能力的发展对于培养学生的科学核心素养具有重要意义。在小学科学教学中培养学生的高阶认知能力可遵循如下实践路径：清晰陈述教学目标，明确认知能力培养；突出证据与逻辑，培养审辨判断能力；注重形象向抽象转化，培养转化创造能力；挖掘知识意义，培养意义建构能力。

关键词：小学科学；核心素养；高阶认知能力

一、小学科学认知能力特征

安德森（Anderson）修订的布卢姆认知学习水平分类包括记忆、理解、应用、分析、评价、创造。^[1]这些认知水平名称是由英文直译而来的，其内涵不便识别。且它们还是普适性的，有待在学科领域内具体化。因此，叶宝生等人根据布卢姆认知学习水平的内涵和小学科学的学科特点，将这些认知水平名称对应调整为知识记忆、知识理解、知识应用、意义建构、审辨判断、转化创造。^[2]这种调整便于师生在小学科学教学中理解与使用，以凸显小学科学认知能力水平特征。

（一）基本认知能力特征

布卢姆认知学习水平分类中的记忆、理解、应用，是基本的认知学习水平。在小学科学中，记忆是针对科学知识的记忆。科学知识特指事实性知识、概念性知识、结构性知识中的判断和规

律，程序性知识中思维或操作的顺序和步骤，元认知知识中的策略知识。为强调记忆内容的知识性，将其称为知识记忆。

理解是人对事物的认识与事物发展逻辑一致性的表现。科学中的理解有二：一是对科学现象因果关系与事实一致性的断定、结构对功能决定性关系的把握；二是对证据、逻辑与科学结论关系的判断。综合来看，也就是对科学事实性知识和方法性知识的理解。为强调整理的知识性，将其称为知识理解。

应用与程序性知识有着紧密的联系。对于小学科学，应用是在知识理解的基础上，用知识解释现象和判断事物的发展。因涉及科学知识与技术知识两类知识，小学科学中的应用可以分为科学知识应用和技术知识应用。科学知识应用是指用概念性知识解释自然现象，用结构性知识预测发展结果。技术知识应用是指用科学知识或经验知识设计出技术物品，用材料和工具（技术方

作者简介：王帅，北京市汇文第一小学科学教师（北京 100005）。

法)做出实存技术物。应用强调科学知识和科学方法知识的应用,故将其称为知识应用。

综上所述,基本认知能力是对知识本身的学习程度表现,是知识本位的。

(二) 高阶认知能力特征

布卢姆认知学习水平分类中的分析、评价、创造,可划分为高阶认知能力。在科学学习中,分析指对科学事物部分与整体的认识、科学变化过程环节与过程之间关系的认识,由此形成或建构出知识具有的作用和价值,也就是概括出其意义。因此,将分析改为意义建构,可突出超越知识本身的意义价值的判定。意义建构分为科学和技术两个方面。在科学方面,表现为科学概念、科学规律和科学方法存在的作用和具有的价值,也包括科学原理体现的人类思想。在技术方面,表现为技术流程、技术物品具有的实际作用和实践价值,也就是技术产品对社会发展的意义和对道德伦理的影响。

布卢姆认知学习水平分类中的评价是对知识的评价,是基于标准、准则的判定。在科学学习中,评价指依据准则和标准,对事物存在、发生的过程进行审视、分辨,作出判断。科学评价的准则是证据和逻辑。证据确凿,逻辑符合规则,则建立可信的科学结论。科学观察获得证据,逻辑推理获得结论。评价科学认识,就是要审视证据是否确凿、推导是否合理,判断结论是否成立。因此,为了凸显其内涵,将评价改为审辩判断。由于科学课程中包括科学和技术,审辩判断具体表现为科学的审辩判断和技术的审辩判断。科学的审辩判断,即针对科学事实与科学结论一致性的评价,依据证据与逻辑的科学准则,对科学结论作出判断。技术的审辩判断,即依据结构与功能的技术标准,对技术进行功能评价、社会评价、道德评价。技术活动的功能与意义判断,能说明技术产品具有的满足人需求的功能。

布卢姆认知学习水平分类中的创造是将已知的知识要素组成内在新整体或新的功能性整体,也包括所学方法在新情境中的应用和创造新方法。波兰尼(Polanyi)在《个人知识:朝向后批判哲学》一书中提出隐性知识的概念,引发了知识领域的革命性变化。他区分出显性知识和隐性知识,认为隐性知识是大量的和基础性

的,显性知识都来自隐性知识。^[3]基于显性知识和隐性知识理论,竹内弘高(Hirotaka Takeuchi)等人指出显性知识与显性知识、隐性知识与隐性知识、显性知识与隐性知识之间的转化,实现着知识创造。^[4]在科学学习中,形象感知、过程体验,从隐性理解到显性表达,是个人或集体的创造。已有知识建构为新的逻辑体系,形成新认识,是显性知识转化出新的显性知识。因此,将创造改为转化创造。知识创造一方面是将所学知识进行逻辑化,重新组合成新知识,如根据“吃”与“被吃”的关系和可替代性关系,形成“食物链”“食物网”;另一方面是通过科学观察体验将形象特征抽象化,创造新知识,学生自己或者在教师的指导下,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新。方法应用性创造指逻辑思维方法在解决新问题时的应用。如在学习归纳法、演绎法、类比法等思维方法的基础上,在实际需求中创造性地加以应用。技术活动中的创造指在技术设计中创造的新形象,即利用表象类比、表象改造等方法,结合具体需求、具体材料、具体工具等情况设计新形象。如学生基于对各种各样真实桥梁的认识,根据虚拟的需求,结合所提供的材料和加工工具,想象建构出模型桥的形象。

总而言之,高阶认知能力是超越知识本身的学习程度表现,以意义价值理解、知识可靠程度和知识迁移转化为实践表征。

二、培养高阶认知能力的意义

《义务教育科学课程标准(2022年版)》明确提出科学核心素养包括科学观念、科学思维、探究实践、态度责任四个方面^[5],并明确指出课程目标就是在科学教育中落实科学核心素养。在以往的教学,我们一直较为重视对基本认知能力的培养,在科学观念形成和科学思维训练上也有着丰富的经验和方法,但在创新思维、批判性思维和科学态度与社会责任培养上还缺乏理论支撑和有效的实践方案。下文重点说明高阶认知能力培养对核心素养发展的意义,以便在建构理论的同时为实践指明方向。

(一) 意义建构中发展的核心素养

态度的核心是情感。科学态度源自情感中的

理智感,社会责任源自情感中的道德感。态度与责任的培养,体现在科学理智感和科学道德感的培养上。而理智感和道德感的基础是科学认知和责任认知。科学认知,即理解科学知识、方法的意义与价值。若涉及责任事件,则体现在责任认知上。显而易见,意义建构可以支撑科学素养中科学态度和社会责任的培养。在知识的应用过程中,学生不仅是进行现象解释和规律预测,还可以理解知识或方法的意义和价值,实现意义建构。例如,知道昼夜交替是由地球自转形成的,随着地球自转,有些地区的白天逐渐变化到黑夜,而有些地区的黑夜逐渐变化到白天。到了早晨,能判断白天开始了;到了傍晚,能判断天快黑了。这是知识应用。若同时指出地球运动是有规律的,这个规律可以帮助我们预测时间的发展方向。这便是意义建构。这能培养学生的规律意识,使学生理解规律的客观性,形成尊重规律的科学态度。

(二) 审辨判断中发展的核心素养

科学本质包括科学的可证实性、暂时性和相对性。通过观察实验获得科学事实,对科学事实进行思维推断,获得科学结论。这个过程就是审辨判断,也是理解科学知识如何获得的过程。当技术进步,即观察实验手段有所发展,就能获得新的科学事实,修正或更新科学结论。依据证据和逻辑,判断科学认识的可靠性或可疑性,正是对科学本质的认识。在技术设计和制作中,审辨判断反映为判断结构功能是否满足需求,是对技术本质的认识。在科学探究活动中进行观察实验设计和逻辑思维加工,就是要培养学生的科学探究实践能力。这个过程是由审辨判断支撑的。技术工程设计要从需求出发,提出技术目标,建构技术模型,通过试验判断功能,既是对技术工程实践能力的培养,也是审辨判断能力的体现。

(三) 转化创造中发展的核心素养

在科学学习活动中,学生通过推理论证获得科学模型。如果科学模型是学生自己总结出来的,对学生而言就是转化创造。在技术工程活动中,学生根据虚拟的需求,利用给定的材料和工具,想象和加工出自己的技术工程物品,是技术工程的转化创造。转化创造认知能力的培养,直接支撑创新思维培养和创造能力培养。

三、培养高阶认知能力的实践路径

在对高阶认知水平进行理论阐释并阐明其对学生核心素养发展的意义后,便可探讨培养高阶认知能力、落实核心素养的实践路径。下文以“光源”一课为例,说明如何在教学目标中明确认知水平要求,如何依据教学目标安排相应的教学活动。

(一) 清晰陈述教学目标,明确认知能力培养

“光源”一课的教学目标,可以从科学观念、科学思维、探究实践、态度责任四个方面进行陈述。科学观念目标采用行为目标陈述法,科学思维和探究实践目标采用过程目标陈述法,态度责任目标采用状态目标陈述法。^[6]

科学观念教学目标如下:理解自身发光的物体称为光源,能举出光源的例子,如太阳、燃烧的蜡烛、点亮的灯泡等;知道光源分为天然光源和人造光源,能举例说明生活中常见的两种光源的例子。作为行为目标陈述,首先是用知道、理解等行为动词对知识的获得程度进行心理描述,再确定行为反应标准。通过行为描述法,可以清晰地规定知识理解和应用的学习要求。

科学思维教学目标如下:对自身发光物体和反光物体以及天然发光物体和人造发光物体等,采用求同求异归纳推理,获得抽象结论,发展审辨判断能力和转化创造能力。思维能力是内隐的,很难表征。它是在科学方法的使用中形成的,又是在思维方法的使用中表现出来的。因此,可通过体现思维方法使用的过程描述思维能力培养。思维方法的描述是对推理论证的要求,是审辨判断中推理的体现。当学生通过推理论证建构出新的概念模型时,则是转化创造的体现。

探究实践教学目标如下:观察若干光源和非光源以及天然光源和人造光源的实例,依据共同点和差异点作出分类;设计并利用观物暗箱,采用黑箱法体验光对视觉的作用;依据天然光源与人造光源的功能比较,体验人造光源的优势。探究实践能力同样是内隐的,需要描述实践方法的运用过程以说明能力培养。第一条和第三条目标是通过观察方法获得光源和非光源以及天然光源和人造光源的感知,形成推理的证据,与思维结

合在一起完成审辩判断。第二条目标是采用黑箱制造对比现象,凸显光对视觉的作用,为意义建构奠定认知基础。

态度责任教学目标如下:认识到光对视觉的重要作用,理解光对人类生存的意义。态度是影响个体对一类人、客体或事件的行为选择的一种习得的内部状态。态度包含三种成分,即认知、情感和行为倾向性。认知指态度主体对事物的了解、知觉、理解、信念和评价;情感指主体对态度对象的情感体验及情绪反应,是态度的核心成分;行为倾向性是由认知、情感决定的对于态度对象的行为反应倾向,即行为的直接准备状态。^[7]态度与能力一样是内隐的,但又不依赖方法,而是基于价值认识的一种心理状态。因此,要描述对学习结果价值意义的认识结果和由此产生的情感。产生的理智感导致科学态度的形成,产生的道德感导致责任感和责任意识的产生。科学态度和社会责任的产生,都基于意义建构。

(二) 突出证据与逻辑,培养审辩判断能力

在“光源”教学中,教师提供太阳、萤火虫、月球、烛火、篝火、玻璃反光、电影屏幕、电视荧屏等众多发光物体的图片,与学生一起观察讨论。

在学生对众多物体的发光现象进行充分观察后,教师提出问题:哪些是物体自己发光?哪些是反射光?对每个发光物体进行分析后得到单称判断。所谓单称判断,就是对单一物体具有属性作出的断定。如只要太阳出来天就亮了,太阳自己发光。打开开关,灯泡亮了,可以照亮屋子,灯泡是自己发光。玻璃反光是受到太阳光照射形成的,没有太阳,玻璃就不会反光,玻璃不是自己发光。观察对象是证据,对观察对象的分析综合作出判断是思维。对各个发光物体的识别过程,就是审辩判断。再通过求同归纳法,在比较后区分出类别,就是分类。由此得出科学概念的定义:自身发光的物体称为光源,自身不发光但反射光的物体称为非光源。这是以单称判断为证据,通过归纳推理得到普遍性结论,是更高层次的审辩判断。

对于月球是否是光源,学生在认识上存在分歧。一些学生能够依据过往经验或“人云亦云”地指出月球不是光源,但因为缺少相关证据而内

心隐约存疑。这时,教师应设计专门的教学活动:提供月相、日食照片,在说明月相、日食成因的基础上,观察月相,发现月球似乎在自己发光;观察日食,月球遮挡阳光呈现黑色,说明月球不是发光体。两者进行比较,说明月球是反射太阳光,不属于光源。这个过程是依据月相、日食证据进行演绎推理,判断得出月球自身不发光,月光是太阳光的反射。这是演绎推理的审辩判断。

对天然光源和人造光源的区分,是在上面判断得到的光源中,寻找哪些是自然界存在的,哪些是人类制造出来的。同样是依据观察证据,分析综合作出判断;再比较分类,采用求同归纳法,概括出天然光源、人造光源的概念。这个过程与获得光源、非光源概念一样,是审辩判断能力的培养。

(三) 注重形象向抽象转化,培养转化创造能力

在提供光源、非光源以及人造光源、天然光源的若干实例,通过审辩判断获得科学概念的过程中,这些实例是以具体形象呈现出来的,学生自己经历分析综合的思维过程,对每个实际发光物体得出“自身发光”或“反射光”的抽象判断。这是将形象感知转化为抽象认识的过程,是初级的转化创造。在得到多个单称判断的基础上,通过比较分类形成光源和非光源的共同特征,概括出光源和非光源概念,是第二次转化,创造出属于学生自己的新知识。值得注意的是,这个过程需要由教师提供丰富的观察事例,使学生在教师的引导下由形象认识获得抽象的科学结论,才能实现对学生的创新思维的培养。

在光源范围内,再观察光源是人类制造出来的还是自然界本身存在的。同样是由光源的形象感知,结合学生的已有经验,先对每个光源作出单称抽象判断,再依据各个单称判断概括出新概念。只要是学生从形象感知认识出发,自己获得新知识,就是创新思维培养,就是转化创造。对于月球不是光源的判断,也是通过观察月相和日食(照片属于科学事实,是间接观察的对象)的形象,通过对比分析形成抽象认识。对于认为月球不是光源的学生,他们不但知道了结论,还知道了是如何判断的,创造出自己的新知识;对于

认为月球是光源的学生,通过形象感知认识,完全转化为新理解。

(四) 挖掘知识意义,培养意义建构能力

“光源”一课设计了“暗箱观物”实验。以“若生活中没有光源会发生什么”作为探究问题,教师采用关闭教室灯光、拉窗帘等方法,学生发现都不能达到完全无光的效果。这对探究问题的解决造成了干扰。教师引导学生提出改进方案,学生“被迫”深入思考,通过生生研讨、师生交流等方式达成统一认识:为了方便探究,需要一个既能避免外界光线干扰又便于观察的装置。此时,教师再提供自己制作的“暗箱”。所谓“暗箱”,即在箱体内部画有场景,在另一侧箱体上开一个观察小孔。实验分为两步,先直接透过小孔观察场景,再在箱中放一个发光二极管后透过小孔观察。通过对比实验,学生发现有光源是看清箱内景象的必要条件。由此理解光对人类的生活非常重要,是人类看清外界的基础。学生获得光对人类生活的价值和意义的认知,达到意义建构。

“光源”一课设计的另一个教学活动是讨论人造光源的价值。教师给出问题情境:人类生活早期,只能靠天然光源提供的光。太阳落山后,尽管存在萤火虫、太阳系外的恒星等光源,但其光线过于微弱导致夜晚生活不便。由此产生问题:如何制造方便实用的照明光源?教师适时出示火把、煤油灯、手电筒等光源图片,结合学生生活中使用的人造光源,使学生认识到人造光源在夜晚照明中具有重要意义和作用。由此,学生认识人造光源的价值,体现意义建构。

对高阶认知能力的培养,要先在教学目标中

作出明确陈述,再在教学过程中通过教学活动对应落实意义建构、审辨判断、转化创造的培养。需要强调的是,这三项高阶认知能力的培养是融于整个教学过程之中的,并无先后顺序之分。对于一节课,可以重点培养其中的一项或两项,并不要求全部落实。总之,小学科学教师要理解高阶认知能力培养对于落实学生核心素养的重要意义,并掌握培养高阶认知能力的具体方法。

参考文献:

- [1] 安德森,克拉思沃尔,艾拉沙恩,等.布卢姆教育目标分类学:分类学视野下的学与教及其测评:完整版[M].蒋小平,张琴美,罗晶晶,译.北京:外语教学与研究出版社,2009:50-68.
- [2] 张懿,叶宝生.小学科学高阶认知能力的内涵和培养策略[J].湖南第一师范学院学报,2023(4):46-48.
- [3] 波兰尼.个人知识:朝向后批判哲学:重译本[M].徐陶,许泽民,译.陈维政,校.上海:上海人民出版社,2021:118-119.
- [4] 竹内弘高,野中郁次郎.知识创造的螺旋:知识管理理论与案例研究[M].李萌,译.北京:知识产权出版社,2006:52-62.
- [5] 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,2022:4.
- [6] 叶宝生,徐燕.小学科学教学目标的陈述方式:兼论技术与工程课教学目标的陈述[J].中小学教材教学,2022(3):30-35.
- [7] 多俊岗.基础心理学:第2版[M].北京:化学工业出版社,2012:103.

(责任编辑:郭晨跃)