

【教学策略】

基于学科理解的化学教学策略研究

张笑言 郑长龙

【摘要】在素养为本的教学背景下,如何基于学科理解设计与实施化学课堂教学是一项亟待解决的重要课题。基于学科理解的化学教学策略包括基于本原性问题的学习任务设计策略、基于认识视角的思维方式建构策略、基于概念层级结构的结构化策略和基于学科思想的知识迁移策略。上述策略可为素养落地与创新进课堂提供一定的理论指导。

【关键词】学科理解;素养为本;化学教学;教学策略

时代的更迭重塑教学的使命。《普通高中化学课程标准(2017年版)》(以下简称“高中课标”)的颁布拉开了新时代基础教育化学课程与教学改革的大幕,发展学生的化学学科核心素养成为此次改革的方向、目标和重要标志。如何实现知识教学向素养发展的转变,是化学教育研究者和一线教师亟须解决的一项重要研究课题。高中课标将“学科理解”作为破解这一难题的突破口,通过学科理解凝练化学知识的素养功能,以发展学生的化学学科核心素养。

所谓学科理解,是指教师对化学学科知识及其思维方式和方法的一种本原性、结构化的认识。^[1]“学科理解理论”提供了一套化知识为素养的方法论,凝练学科本原性问题、抽提认识视角及思路,建构概念层级结构是该理论的核心要义。^[2]基于学科本原性问题和认识视角及思路,能够揭示化学学科本质,实现对化学知识的本原性认识;基于大概概念统领的概念层级结构,能够从本原上建立化学知识之间的关联,实现认识的结构化。在此基础上,再基于学科思想追问知识是解决什么问题 and 如何解决问题的,以实现知识的迁移。因此,有必要开展基于学科理解的化学课堂教学,以发展学生的化学学科核心素养。

为了科学、有效地设计与实施基于学科理解的

化学课堂教学,本文以教学策略为切入点,依次从学科视角、课程视角、教学视角讨论学科理解要素如何转化为教学内容,建构基于学科理解的化学教学策略模型(见图1)。以下将结合具体的教学案例,探讨在素养为本背景下基于学科理解的化学课堂教学有效策略。

一、基于本原性问题的学习任务设计策略

本原性问题是直接接触及学科根本、知识产生的最本原的问题。^[3]化学学习任务,是在化学教学中为实现一定的教学目标、落实一定的教学内容,由教师和学生共同完成的学习课题。^[4]基于本原性问题设计学习任务能够有效组织、凝练教学内容,驱动学生深度思考,凸显教学内容的本原性。因此,开展学科理解视域下的化学教学,基于本原性问题设计学习任务尤为重要。

(一)本原性问题的凝练

凝练本原性问题,既是学科理解的起始步骤,又是教师设计化学学习任务的灵魂所在。教师可通过反复对比主题内不同概念的内涵和外延,确定理解的“域”,不断追问知识的学科功能,考量学科知识是在解决哪些原始问题的背景下产生的,从而凝练本原性问题。例如,人类对化学微观世界的认识始于原子。^[3]1897年,英国物理学家汤姆逊通过阴极射线实验发现了电子。1911年,卢瑟福通过 α 粒子散射

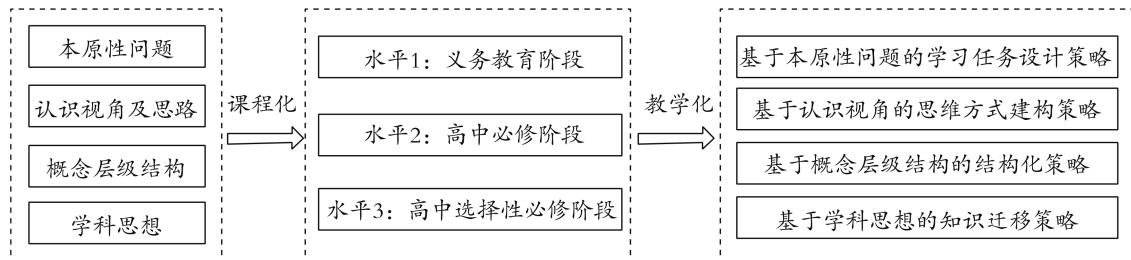


图1 基于学科理解的化学教学策略模型

实验发现了原子核。“如何描述原子核外电子的运动状态?”“原子核外电子是如何排布的?”等问题引发了化学家对核外电子排布规律的持续探索。由此,可凝练本原性问题“如何认识核外电子排布规律”。

(二)本原性问题的进阶设计

凝练本原性问题后,教师还需要基于课程的整体结构,结合学生的学习情况,对本原性问题进行进阶设计。依据课程标准,可以凝练不同素养发展水平的本原性问题,把握素养生长点,探寻素养升华点,实现化学学科核心素养的累积式发展。

例如,对于“原子结构”主题,义务教育阶段要求学生知道原子是构成物质的微粒之一,知道原子与分子、离子之间的关系;高中必修阶段要求学生通过学习核素发展对原子构成的认识,了解原子核外电子的排布;高中选择性必修阶段要求学生系统认识原子核外电子的运动特征、描述特征和排布特征,了解原子核外电子排布的构造原理。基于此,可凝练三个水平的本原性问题。水平1:如何基于原子认识化学微观世界?水平2:如何基于电子层认识核外电子排布规律?水平3:如何基于能量最低原理认识核外电子排布规律?上述问题逐渐从宏观世界向微观世界展开,有助于发展学生的宏观辨识与微观探析素养。

(三)本原性问题的呈现

本原性问题进入化学课堂时,还需要考虑如何呈现的问题。学习任务是承载本原性问题的有效载体,是连接核心知识与具体知识的桥梁和纽带。^[1]为了适应学生的学习,应将本原性问题“包装”成挑战性问题。所谓挑战性,并不是指知识的难度,而是针对学生的思维而言的,挑战程度与学生的学习情况有关。教师应选择适切的素材,支持学生理解问题。一方面,素材要能支撑学生综合运用化学知识,通过多条探究路径实现问题解决;另一方面,素材还要能营造问题情境,让学生在真实情境中建构,切实体会知识的价值。

例如,对于“核外电子运动的再探究”^[5]一课,教师设计了三个学习任务。任务1:如何基于能量视角描述核外电子的运动状态?任务2:如何基于空间视角描述核外电子的运动状态?任务3:如何描述核外电子的自旋运动状态?

教师可选择“钠原子的双线光谱”“双缝实验”和“银原子的光谱实验”等经典化学实验,并对它们进行适当加工,作为教学素材,营造问题情境。通过问题驱动学生系统思考原子核外电子运动的两种形式——空间运动和自旋运动,认识核外电子运动的量子化特征、概率性特征及核外电子空间运动的可能状态,着力发展学生的证据推理素养。

二、基于认识视角的思维方式建构策略

认识视角是培养学生思维方式的切入点。美国

教育家杜威认为,思维就是周全、透彻和仔细的思考,从不同的方面和不同的角度审视事物。^[6]这里的“方面”和“角度”均带有认识视角的含义。因此,在学科理解视域下的化学教学中,基于认识视角建构思维方式是培养学生解决问题能力的关键。

(一)思维方式的建构

思维方式的具体存在形式包括认识视角和认识思路^[2],二者共同表征从抽象层面解决本原性问题的思维框架。化学认识视角是指对物质及其变化的特征及规律进行认识的侧面或角度。^[3]为了追求理解的全面性,教师需要建构立体、综合的认识视角。例如,在认识非金属化合物的性质时,可以从物质类别、元素价态、物质特性三个视角出发。化学认识思路是在认识视角的指引下,通过探寻概念之间的内在联系和逻辑关系,从点到线、从线到面地发展起来的一系列解决问题的框架。该框架一旦形成,便可在遇到陌生情境问题时加以调用。例如,从元素价态视角认识典型物质的性质时,可以基于价三角模型认识多变价元素。^[2]也就是将价态划分为低价态、中间价态和高价态,通过不同价态物质发生的化学反应认识物质性质,分析物质转化过程中价态的变化,判断需要加入氧化剂还是还原剂,进而预测不同价态的物质具有何种性质。

(二)思维方式的进阶设计

思维方式的进阶设计即从认识论的角度描述主题内的学科知识是如何发展的。随着学生认识程度的不断精致化,学科核心素养发展的一个典型表现就是思维方式的发展。认识视角决定了理解问题的深刻程度,认识视角的深入能够推动思维方式的发展和完善。以“物质性质”主题为例。最初,化学家从“分类”视角认识常见物质的性质;随着对物质结构的进一步探索,化学家开始基于“结构”认识物质的性质;元素之间的本质规律被揭示后,化学家基于“元素周期律”综合认识物质的性质。由此,可抽提三个水平的思维方式。水平1:通过典型物质初步形成化学物质多样性的认识,初步建立结构与性质之间的关联。水平2:基于物质类别和元素价态,系统认识物质的多样性和转化关系。水平3:基于周期性变化,综合认识物质的性质及其递变规律。

(三)思维方式的呈现

教学中,抽象的思维方式并不能用平淡无奇的语言直接告知学生,学生获取知识的方式决定了其知识的建构情况。教师应利用挑战性问题的驱动,基于认识视角开展教学活动,引导学生建构思维方式。布兰斯福特等人认为,教师在更高的抽象层次上表征学科内容,可以提高学生的迁移能力。^[7]思维方式的抽象性决定了其迁移价值,依据不同水平思维方式的特点,教师可以选择建构式、启发式、互动

式、探究式等教学方式引导学生解决挑战性问题。^[8] 学生通过参与讨论探究、分析预测、汇报展示等多样化的学习活动,既能实现概念的运用,又能建立概念间的关联,可在此基础上建构并发展化学思维方式。

例如,在高中必修阶段“二氧化硫性质探究”一课中,教师提出挑战性问题“如何认识二氧化硫的化学性质”后,可结合具体活动,从三个视角引导学生建构二氧化硫化学性质的思维方式(见图2)。

教师可以三重视角为引领,开展多样化的教学活动,帮助学生从物质共性和物质特性两个方面建构非金属化合物化学性质的思维方式。基于元素价态视角,组织学生运用价三角模型建构二氧化硫的化学性质,让他们通过讨论交流认识二氧化硫具有氧化性和还原性。基于物质类别视角,列举二氧化硫能与水、碱性氧化物反应的事实,启发学生类比酸性氧化物的性质特征进行推理预测,让他们通过实验探究检验二氧化硫是否具有酸性。基于物质特性视角,展示二氧化硫水溶液使品红溶液褪色的实验现象,引导学生推理预测二氧化硫具有漂白性。

三、基于概念层级结构的结构化策略

概念层级结构是学科理解结构化的认识成果,是实现教学内容结构化的有效载体。美国教育心理学家布鲁纳倡导在学科教学中让学生学习事物之间是如何相互关联的,使学生理解该学科的基本结构。^[9] 基于概念层级结构的结构化策略能够有效避免教学中充斥着零散的知识,以便让学生结构化、整体性地理解学科并建构学科基本结构。

(一) 概念层级结构的建构

概念层级结构的本质是概念之间的“关联”。依据抽象程度及学科价值,可以将概念划分为大概念、核心概念和基本概念。大概念是能够反映学科本质,具有抽象性、概括性和广泛迁移价值的学科思想和观念。^[3] 核心概念作为概念层级结构中承上启下的一类概念,向上可支撑对大概念的理解,向下可统摄对基本概念的理解。基本概念是对事实现象本质的反映,更是整个学科知识的骨架。值得一提的是,概念划分并不是绝对的。某个概念层级结构中的核心概念在其他概念层级结构中也可能成为基本概

念。根据认识方法的不同,存在两种概念层级结构的建构方式:一是自上而下地建构概念层级结构,即不断演绎、具化和丰富的过程;二是自下而上地建构概念层级结构,即不断归纳、凝练和升华的过程。这两种建构方式的实质均是探索并建立概念之间的联系,建构结构化的学科知识体系。

(二) 概念层级结构的进阶设计

概念层级结构的进阶即从本体论的角度描述主题内的学科知识是如何发展的,这是学生素养持续发展的基石。通常,大概念是贯穿概念层级结构进阶的主线。在大概概念的引领下,不同学段的核心概念和基本概念从事实性概念逐渐进阶为具有认识论价值的概念。例如,“有机物多样性”是“有机物性质”主题的大概念之一,是从微观层次认识有机物的多样性,蕴含宏观辨识与微观探析的素养价值。在高中必修阶段,学生基于价键特征、空间特征和骨架特征认识有机物的多样性,基于碳骨架认识有机物的结构特征与性质之间的关系。据此,可建立必修阶段有机物多样性的概念层级结构(见下页图3)。在高中选择性必修阶段,学生基于成键方式、连接顺序和空间排布深入微观层面认识有机物的多样性,基于官能团解释和预测有机物的结构特征与性质之间的关系。据此,可建立选择性必修阶段有机物多样性的概念层级结构(见下页图4)。

(三) 概念层级结构的呈现

将概念层级结构转化为教学内容,是实现结构化教学的关键所在。教学内容的结构化分为三个层次:基于核心观念的结构化、基于认识思路的结构化、基于知识关联的结构化。^[1] 据此,本文建构了基于概念层级结构的结构化模型(见下页图5),并以“最简单的有机化合物——甲烷”为例,具体阐述如何在教学中呈现概念层级结构。

教学思路是教师对教学内容的谋篇布局,围绕大概念设计教学思路能够从宏观层面实现教学内容结构化。甲烷是高中有机化学的开篇课,承载着引导学生感受认识有机物特征及其变化规律的思维方式的任務,是认识有机物多样性的重要切入点。教师可围绕主题大概念“有机物多样性”设计如下教学思路:基于碳原子成键的价键特征、空间特征、骨架特

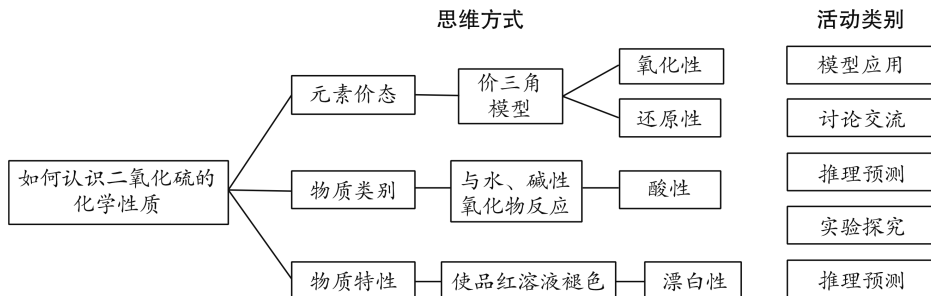


图2 二氧化硫化学性质思维方式的建构

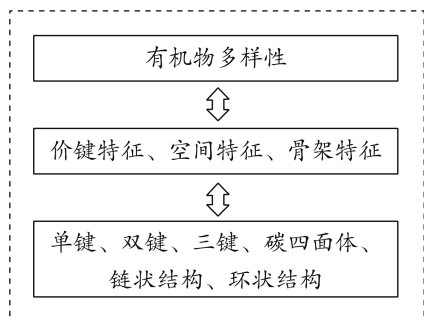


图3 必修阶段有机物多样性概念层级结构

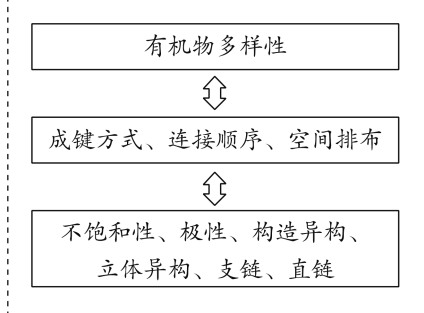


图4 选择性必修阶段有机物多样性概念层级结构

征认识有机物的多样性,发展有机物多样性的具体认识思路,并运用该认识思路探究甲烷的性质及反应特征。

挑战性问题链是教师对教学内容的具体推进,围绕核心概念设计关联型学习任务能够从中观层面实现教学内容结构化。例如,教师可围绕核心概念“碳原子的价键特征、空间特征和骨架特征”设计以下挑战性问题链:(1)如何认识碳原子成键的价键特征?(2)如何认识碳原子成键的空间特征?(3)如何认识有机物分子的骨架特征?以此培养学生全方位、多角度、结构化的有机物多样性认识思路,形成分析有机物结构特征的思维框架。

过程性评价是教师对教学内容的具体把控,围绕基本概念开展过程性评价能够从微观层面实现教学内容结构化。过程性评价应以学生的实然表现为依据,帮助学生归纳、总结基本概念,进而实现知识的结构化。例如,在解决上述挑战性问题(3)时,教师可组织学生讨论“碳原子间的连接方式都是一样的吗”。

教学内容结构化

概念层级结构

概念层级结构的呈现

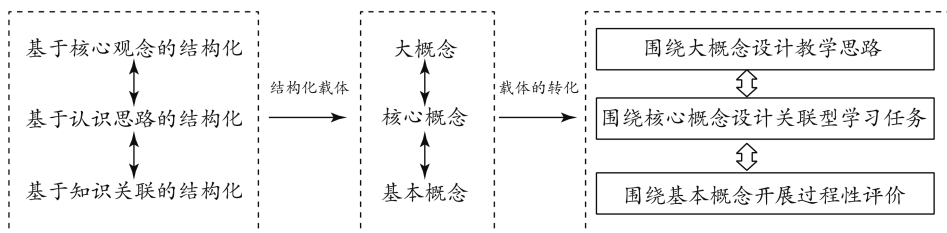


图5 基于概念层级结构的结构化模型

在学生回答出单键、双键和三键三种形式之后,教师应给予肯定并追问:“碳原子间的连接只能是链的形式吗?”这样的过程性评价有助于学生从“形”的视角认识碳原子之间的连接,从键的角度和形的角度建立单键、双键、三键、直链、支链、环等基本概念的关联,丰富对核心概念“碳原子的骨架特征”的理解。

四、基于学科思想的知识迁移策略

学科理解通过追问“解决什么问题”和“如何解决问题”凝练学科思想,也就是说,既要知道知识是解决什么问题的,又要知道问题是如何被解决的,以此明确知识的学科功能。^[10]通过基于学科思想的学习,学生能够将在已知情境中建构的知识运用到新情境中。因此,在学科理解视域下的化学教学中,基于学科思想的知识迁移策略对培养学生的迁移能力至关重要。

(一) 学科思想的建构

学科思想建构的实质是建立本原性问题与认识视角的关联。早在1929年,英国教育学家怀特海就提出,教育的重心是培养学生的“智慧”,也就是运用知识的方式,包括如何处理知识、如何选择知识解决相关问题。^[11]学科理解中的学科思想,从本原性角度丰富了怀特海口中“智慧”的内涵——凝练本原性问题并抽提认识视角。

学科思想的建构通常以主题大概念为核心,表现为基于大概念凝练本原性问题,在理解大概念的过程中抽提认识视角。例如,对于“化学平衡”主题,高中阶段需要基于限度认识化学平衡状态,基于浓度商和化学平衡常数判断、改变化学平衡状态。限度、浓度商、化学平衡常数均表征“物质转化程度”,限度是在一定条件下物质转化的极限程度,达到限度时物质转化程度的定量表征是化学平衡常数,任意反应进度下的物质转化程度是浓度商。因此,“物质转化程度”是该主题的大概念,围绕这一大概念可凝练本原性问题“如何认识物质转化程度”,在本原性问题的引领下,再建立限度、浓度商和化学平衡常数的视角,全面地认识物质转化程度,可实现学科思想的建构。

(二) 学科思想的进阶设计

设计学科思想的进阶,一方面要以本原性问题、认识视角的进阶为基础;另一方面要基于学生的学习特点和学习情况,以学科思想的学科功能为依据。所谓学科功能,即基于学科本原认识学科主题或学科知识在学科体系中的价值。学科思想所具有的学科功能主要包括表征与描述、解释与预测。^[10]其中,表征与描述是从学科本体论层面对化学核心内容的认识,解释与预测是从学科认识论层面对化学核心内容的认识。例如,本原性问题“如何认识物质转化程度”在义务教育阶段表现为基于化学方程式认识物质转化关系,在高中必修阶段表现为基于限度认识可逆反应中的物质转化程度,在高中选择性必修阶段表现为基于浓度商、化学平衡常数认识并改变物质转化程度。由此,可凝练三个水平的学科思想。水平1:基于化学方程式描述物质转化程度。水平2:基于限度定性解释可逆反应中的物质转化程度。水平3:基于浓度商和化学平衡常数定量解释并调控物质转化程度。

(三) 学科思想的迁移

学科思想的建构和进阶设计都是为了更好地在教学中实现基于学科思想的迁移。在化学学习中,迁移不仅指对化学物质的结构、性质及其反应的解释,还包括对真实化学问题的解决。^[10]

基于学科思想的远迁移任务更多地体现为真实世界中的问题解决。首先,教师提出能够运用学科思想的学科问题。其次,将学科问题转化为生产、生活中的实际问题,由学科领域迁移到真实世界场景,降低建构性任务与迁移性任务之间的相似性,以此培养学生的创新能力。最后,以科学前沿成果及其应用作为典型情境素材,既让学生体会学科思想的学科价值和社会价值,又激发学生对化学学科的热爱。例如,针对上述水平3的学科思想,在选择性必修阶段“水溶液体系中物质转化程度的探究”一课中,教师可先设计学科问题“如何基于耦合思想改变水溶液体系中的物质转化程度”,再选取国际期刊《德国应用化学》(*Angewandte Chemie International Edition*)中报道的前沿成果为情境素材,将学科问题还原为社会生产中常见的问题“有机反应体系中加入钯的设计为什么能提高产品的产率”。在这样的教学中,学生亲身感受了耦合思想对于社会生产的创新价值,既实现了学科思想的迁移,又有效避免了通过死记硬背完成任务的窘境。

综上,本文围绕学科理解三要素及学科思想分别从学科视角、课程视角、教学视角论述了如何建构

并进阶设计教学策略。以学科理解为基础,纵向的进阶分析刻画了不同学段学生需要发展的素养,横向的教学呈现阐述了素养如何落实在课堂教学之中。基于本原性问题的学习任务设计策略和基于认识视角的思维方式建构策略解决了“教学内容本原性”的问题,基于概念层级结构的结构化策略解决了“教学内容结构化”的问题。在此基础上,基于学科思想的知识迁移策略解决了“教学内容有效性”的问题。以上四条策略环环相扣,共同助力教师践行基于学科理解的化学课堂教学。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准(2017年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018:76,96,70-71.
- [2] 郑长龙. 化学学科理解与“素养为本”的化学课堂教学[J]. 课程·教材·教法,2019(9):120-125.
- [3] 郑长龙. 核心素养导向的化学教学设计[M]. 北京:人民教育出版社,2021:63,260,64,45-46.
- [4] 郑长龙. 初中化学新课程教学法[M]. 长春:东北师范大学出版社,2004:182.
- [5] 焦利燕,郑长龙,孟丽慧,等. 基于微观粒子运动本质再探核外电子运动的教学设计与实施[J]. 化学教育,2022(1):52.
- [6] DEWEY J. How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process[M]. Boston: Henry Holt, 1993:146.
- [7] 布兰思福特,布朗,科金,等. 人是如何学习的:大脑、心理、经验及学校(扩展版)[M]. 程可拉,孙亚玲,王旭卿,译. 上海:华东师范大学出版社,2013:57.
- [8] 王磊. 基于大概念统领多维课程内容,外显学习主题的核心素养发展要求:义务教育化学课程标准课程内容修订重点[J]. 课程·教材·教法,2022(8):53.
- [9] 布鲁纳. 布鲁纳教育论著选[M]. 邵瑞珍,张渭城,等译. 北京:人民教育出版社,2018:35.
- [10] 郑长龙. 大概念的内涵解析及大概念教学设计与实施策略[J]. 化学教育,2022(13):6-12.
- [11] 怀特海. 教育的本质[M]. 刘玥,译. 北京:北京航空航天大学出版社,2019:42.

【作者简介】张笑言,东北师范大学教师教育研究院博士研究生(长春 130024);郑长龙,东北师范大学化学教育研究所教授,博士生导师(长春 130024)。

【原文出处】摘自《课程·教材·教法》(京),2023.12.124~130

【基金项目】东北师范大学教师教育“揭榜领题”重大项目“学科理解视域下化学教学理论新体系的构建研究”(JSJY20220101)。