

深度学习视域下的高中化学结构化教学实践

黄华文¹, 张贤金², 徐祚寿³

- (1. 永安市第一中学, 福建 三明 366000;
2. 福建教育学院 化学教育研究所, 福建 福州 350025;
3. 建宁县第一中学, 福建 三明 354500)

【摘要】深度学习视域下高中化学结构化教学包含“知识重构化、思维模型化、经验系统化”三个逐层递进的阶段,这三个阶段分别是结构化教学的基础、支架和核心。要实现深度学习视域下的高中化学结构化教学,选择蕴含多种原理、思维、认识角度的情境是首要条件,寻找能将知识、思维结构化的黏合剂是必要条件,将合适的学习方式匹配于教学环节是关键。

【关键词】高中化学;结构化教学;深度学习

【中图分类号】G633.8

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1005-1058.2025.02.017

在教学过程中发现学生解决问题时,存在四个“不”——不明白问题所问何意、不懂用哪些知识点解决问题、不会迁移已有知识、不能筛选出解决问题所需角度。主要缘由是学生未能将所学内容结构化。《普通高中化学课程标准(2017 年版 2020 年修订)》明确提出要高度重视高中化学内容结构化的组织,有计划、有目的地进行认识思路 and 核心观念的结构化设计^[1]。从深度学习视角进行内容结构化教学,促进学生知识的关联能力、迁移能力、融合能力和整合能力的提升。

一、深度学习视域下高中化学结构化教学的理解

学生获取知识之后,对知识进行深度再加工是深度学习中一个不可或缺的环节,再通过综合训练形成深度思考的技能,同时获取解决问题的经验^[2]。因而,从深度学习视角理解高中化学结构化教学,可将教学分为知识深度加工的“知识重构化”阶段、深度思考提炼达成“思维模型化”、积累解决

问题经验形成“经验系统化”逐层递进的三个阶段。

(一)知识重构化

认知心理学认为,只有组织有序的知识在需要时才能被激活,才能成功被提取。教材依据学生不同时期的认知规律和接受能力限度,遵循学科本质内在联系,将相关联知识打散编入教材,学生在学习过程所获取的知识处于零散、单一状态。要让学生的知识从单一到模块、从零散到体系,需从学科本原出发帮助学生厘清知识间的相互关联,由繁化简有序地重构知识,形成知识体系。如催化剂的概念,初中教材只给出“能加快化学反应,本身性质和质量不变”的特征,高中鲁科版教材选择性必修 1《化学反应原理》第 2 章,呈现催化剂参与反应的历程,从基元反应和能量角度理解催化剂因改变反应历程而改变反应速率的实质;再以工业合成氨为例,微观视角展示催化剂表面发生“扩散、吸附、表面反应、脱附”的过程。整合重构出“催化剂”知识体系见图 1。

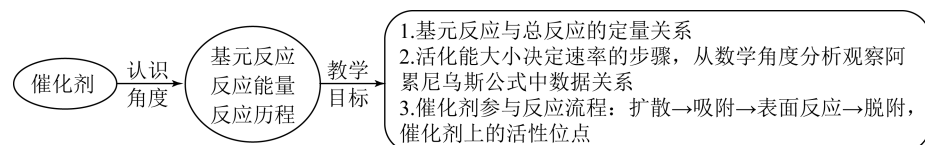


图1 催化剂的知识体系

【基金项目】福建省教育科学“十四五”规划办项目“大单元教学视域下高中化学实验教学的实践研究”(编号:FJJKZX23-650)。

【作者简介】黄华文,永安市第一中学教研室副主任,中学正高级教师,福建省学科带头人;张贤金,福建教育学院理科研修部主任,福建教育学院化学教育研究所副所长,副教授,硕士;徐祚寿,建宁县第一中学校长,中学正高级教师。

知识重构的视角有多种,每个视角契合点不同。从认识角度重构知识体系,能快速地找到分析问题的切入点;从学科方法角度重构知识体系,有利于横向对比相似知识,能快速地筛选出解决问题所需的知识和方法;从学科知识特点重构知识体系,有利于学生纵向深挖知识,能在需要时快速地提取并运用所需知识。

(二)思维模型化

学生在遗忘知识之后留下的是学习过程中形成的思维模型,思维模型是知识本体蕴含的生命力和延伸力,是知识重构时穿针引线的工具。因而,知识学习过程中要充分挖掘知识背后学科模型的功能,帮助

学生通过分析和探究,从复杂的问题、现象或系统中,归纳、提炼、抽离出具有一定结构和逻辑关系的一般方法和一般思路,促进思维模型化。

图2为“滴定实验”的思维模型。“酸碱中和滴定”是“滴定法”的基础,由此实验提炼出滴定分析实验的一般思路,将学生的思路模型化,并拓展应用于“水中含氧量测定”“氯化钠溶液中 Cl^- 浓度的测定”“用EDTA测定水的硬度”实际问题中,将模型迁移到氧化还原滴定、沉淀滴定、络合滴定上。只有思维模型化,学生才能将无序知识变为有序知识,才会有意识整合知识,才能提升学生的迁移、关联能力。

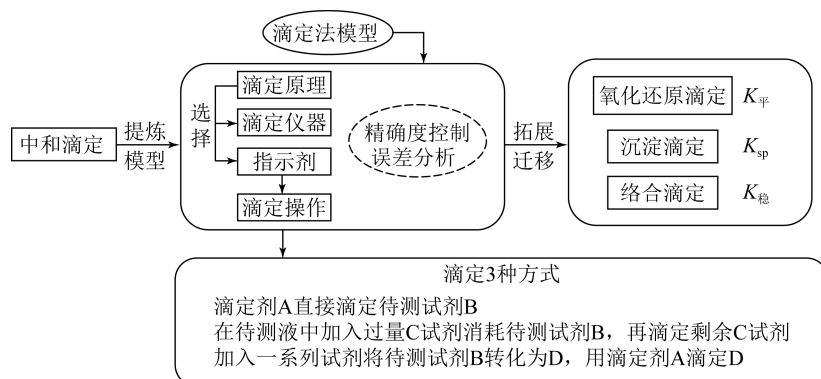


图2 强酸与强碱中和滴定模型及拓展关联应用

(三)经验系统化

知识重构和提炼思维模型均可在教师的引导下完成,而解决问题的经验必须建立在常规和非常规问题的解决实践基础上,在失败与成功多次循环中获取。学生只有在不断调整和修正的历程中领悟、积累与提炼,才能形成系统化的经验。经验系统化包含知识经验化、认识程序化、观念系统化三个方面,其关系如图3。

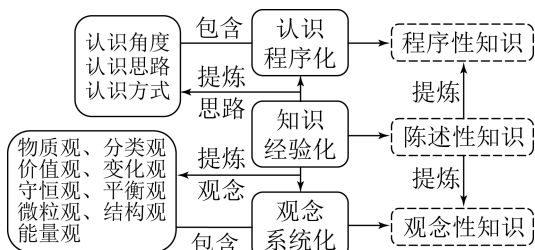


图3 经验系统化的三个方面

知识经验化是从陈述性知识中提炼出思路和观念,将其转化为程序性知识和观念性知识,帮助学生

构建认识程序和提炼系统观念。以此改变学生面对问题毫无认识角度和经验的状况,让学生成为能自觉、主动、准确调用多个认识角度分析问题的人^[3]。

总的来讲,知识重构化能为思维模型化和经验系统化提供丰富和准确的知识素材,是高中化学结构化教学的基础。思维模型化能为知识重构提供可操作的思维方法和思路程序,是高中化学结构化教学的支架。在运用重构化的知识和思维模型解决问题的过程中,不断补充新知识和新观点,搭建新模型,去除无效和错误的经验,形成具有可操作性和可推广的系统经验,是结构化教学的核心。

二、深度学习视域下高中化学结构化教学的策略

深度学习的内涵是融入情境解决问题的学习,是基于深刻理解的建构式学习,是深度加工信息迁移应用知识推进任务完成的学习,是不断质疑不断收获的成就式学习。在高中化学结构化教学中,甄选内涵多面的教学情境,寻找知识间的黏合剂,创

设多样化的学习环境,让学生主动重构知识、建构思维模型,促进经验系统化。

(一)筛选多面性的教学情境

情境是教学的必备条件,深度学习视域下高中化学结构化教学的情境必须有多个认识角度、多种认识思路、多种基本理论同时并存,能让学生从不同视角切入观察事件和分析问题,让学生找到多条解决问题的路径,才有利于学生自主地将零散、碎片的知识重构,从而形成属于自己的知识体系、模

型经验。如复习“配位键”时,将“原子杂化类型”“元素化合价”“大 π 键”“络合平衡”等知识融入,重构“配位键”知识体系。选择鲁科版高中化学教材中“人体的呼吸作用”作为教学情境,围绕“血红蛋白如何依靠 Fe^{2+} 运载 O_2 、 CO_2 、 CO ”的问题,深入理解配位键的成键条件,以此延伸到螯合物、二茂铁等其他形式配位键的存在形态,拓展到外界条件改变对配合物稳定性的影响。教学情境材料对应的具体教学内容、教学功能设计见表 1。

表 1 “配位键”复习课教学情境蕴含的教学内容及教学功能

序号	材料	教学内容	功能
1	血红蛋白结构	Fe^{2+} 与环中原子怎样形成配位键	复习配位键的形成条件及螯合物概念
		咪唑环中两个 N 原子的杂化类型及是否存在孤对电子	回顾原子杂化类型分析方法;进一步理解配位键的形成条件
		咪唑环中的大 π 键	回顾大 π 键的形成及判断方法
2	呼吸原理	血红蛋白携带 O_2 、 CO_2 的原理	从平衡观理解络合平衡、 $K_{\text{稳}}$ 常数
		怎样解决 CO 中毒问题	运用平衡移动原理分析问题

(二)寻找黏合剂做教学主线

高中化学结构化教学需要凌驾于知识、模型、经验之上的黏合剂,作为教学主线贯穿于课堂。凌驾于知识之上的是学科模型,凌驾于学科模型之上的是学科观念、方法、思想,凌驾于学科经验之上的是学科价值和大概念。因而,高中化学结构化教学的黏合剂可从学科模型、观念、价值、思想、方法几个视角寻找。如“配位键”复习教学中,要将“原子杂化类型”“元素化合价”“大 π 键”“络合平衡”等知识融入“配位键”的知识体系,需先从三个角度分析,从学科观念视角挖掘知识的共同本质是“能量最低形态的物质更稳定,微粒之间以和谐共处方式结合才能稳定,能量和反应限度等是表征物质稳定性的方式”;从学科模型视角需要构建“微粒间作用力形成方式及强弱的影响因素”;从学科价值视角需要研究“微粒间作用方式是否具有普遍性,能否推广到其他微粒”。基于此,设计以“微粒间作用→物质的结构→物质的性质”作为教学主线,以“物质稳定的本质是能量最低”的科学大观念作为黏合剂,将多个知识点融合为更大知识体系。

(三)采用多元化的学习方式

高中化学结构化教学需要采用多元化的学习

方式,让学生在主动体验式、小组合作的探究式、高科技虚拟手段的数字化等学习中,自主地将教材的惰性知识重构,转化为有运用价值、创新价值、有生命活力的知识,促进思维模型化、经验系统化^[4]。如“配位键”复习教学中,设计“激活”“融合”“评价”三个学习阶段,依据学习内容和学习时间不同分别选择自主式学习、启发式学习、对比式学习、探究式学习、合作式学习、问题解决式学习方式,具体设计见图 4。

从图 4 可见,学习时间由课前复习延续到课后应用。为了能充分激活学生原有零散知识,“激活”阶段安排课前自主复习预备知识及借助血红蛋白结构拼盘式重现知识,为整合重构打下基础。“融合”阶段是课堂的核心,设置思维递进式的三次整合活动,分别从定性到定量,从照搬惰性知识的分析到运用融合的活性知识体系的深层剖析。“评价”阶段是课堂的延续,设置“在 CuSO_4 溶液中逐滴加入氨水”实验,提出“从定量角度解释实验现象,你需要在实验过程测定哪些数据?还需查阅哪些数据”“若要使 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ 溶液转化为 CuSO_4 溶液又该如何操作”等问题,以检测学生学习效果。

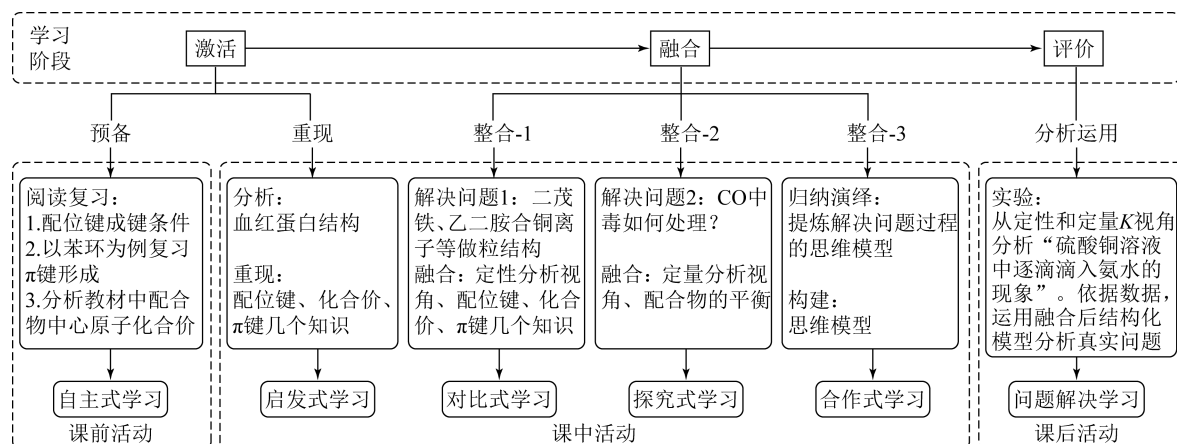


图4 “配位键”复习课学习过程设计

总体而言,作为教师想实现结构化教学,需自身先构建化学学科知识体系、归类化学学科模型、挖掘化学学科价值,才能将知识由一个点连成一条线,由一条线铺开到一个面,由一个面联想到几个面形成一个体系,才能站在学科高处俯视,从一些看似无关的内容中,提取出能为化学学科结构化教学穿针引线的“针”和“线”。

三、深度学习视域下高中化学结构化教学实践案例

深度学习视域下的高中化学结构化教学一般发生在单元复习、阶段性小结、模块复习等整合性教学中,是为了帮助学生重构知识、构建思维模型、形成系统化的经验而设置。高三复习时,学生面对陌生复杂反应体系,缺乏系统化的分析化学反应的

认识角度,存在随意性和思维漏洞。基于此,设计“探究 Fe^{3+} 与 SO_3^{2-} 混合实验——构建多反应复杂体系的分析模型”的结构化教学课例。

(一) 多面性教学情境设计创设真实学习环境

结构化教学需要多面性情境,根据高三学生已有的知识和能力,可供选择的实验情境有“ AgNO_3 与 Na_2SO_3 ”“ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 与 Na_2SO_3 ”“ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 与 Na_2S ”“ AgNO_3 与 Na_2S ”等反应。这些实验均存在多相平衡、多个竞争反应、多个认识角度,且不同时间段反应的竞争程度不同,呈现的现象也不同,可依据现象判断所发生的反应,符合结构化教学情境的特征。针对实验情境的复杂程度定位教学功能,以循序渐进、递进提升为准则安排课时和实验情境,见图5。

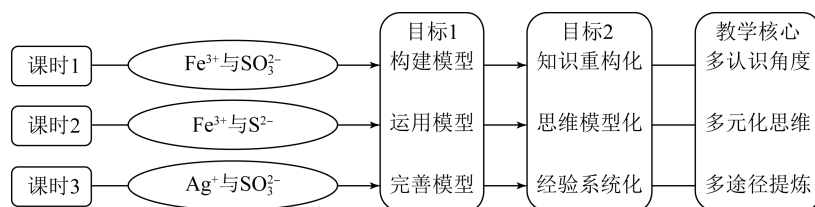


图5 教学课时与情境的设计框架

第一课时目的是构建模型,采用学生相对熟悉的“ Fe^{3+} 与 SO_3^{2-} 反应”作为研究对象。 Fe^{3+} 水解和氧化性、 SO_3^{2-} 水解和还原性是教材中必备知识,学生能快速地从氧化还原反应、水解反应两个认识角度猜想可能发生的反应,经过引导弥补陌生的络合反应角度,以此初步建构分析多反应复杂体系的思维模型。第二课时目的是运用和完善已建构的思维模型,选择“ Fe^{3+} 与 S^{2-} 反应”作为研究对象,需考虑“ S^{2-} 还原性比 SO_3^{2-} 强,会影响 S^{2-} 与 Fe^{3+} 发生氧化还原反应的速率和限度,可能导致现象不同”;

还牵涉过量 S^{2-} 与 Fe^{2+} 能生成 FeS 的“沉淀溶解平衡”问题;实验中发现有 Fe_2S_3 存在,打破了学生原有“水溶液中 S^{2-} 与 Fe^{3+} 必定发生氧化还原反应,水溶液中不可能存在 Fe_2S_3 ”的认知,激起学生进一步探究“ Fe_2S_3 沉淀存在的条件”。因而,对于“ Fe^{3+} 与 S^{2-} 反应”需考虑的因素更多,运用第一课时构建的思维模型进行分析的过程中,弥补和完善原有的思维模型不足,并积累问题解决的经验。第三课时目的是促进经验系统化,选择“ Ag^+ 与 SO_3^{2-} 反应”作为研究对象。需考虑“ Ag^+ 氧化性强于 Fe^{3+} , 氧化

还原反应倾向更强,与络合反应竞争更激烈”,还存在 Ag^+ 与 SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 生成 Ag_2SO_3 、 Ag_2SO_4 多种沉淀问题。整个课例采用“运用→弥补→完善→再运用”循环程序,让学生在运用中逐步完善模型和积累经验。

(二)多视角教学主线设计贯穿整个教学过程
为帮助学生找到分析“多反应复杂体系”的认识

角度,形成认识思路,需多个教学视角凸显认识思路
和认识视角。三个实验情境蕴含着“氧化还原反应、
复分解反应、络合反应、速率与平衡”4 个高中阶段核
心原理,“物质观、分类观、微粒观、变化观、平衡观”5
个核心观念,“逻辑思维、发散思维、批判性思维、系统
思维、辩证思维”5 种思维方式。将这些内容整合为
教学视角贯穿整个教学过程,设计见图 6。

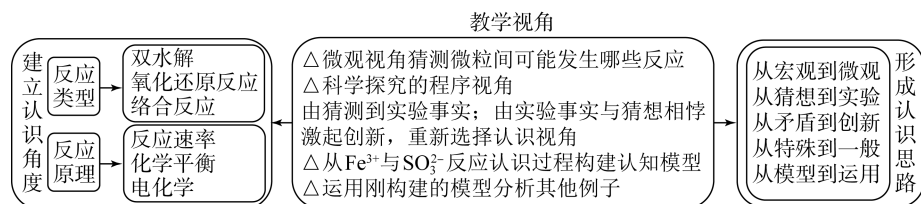


图 6 教学视角、认识视角的设计

面对化学反应,首先选定“反应类型”作为猜想
角度,其次选择“反应原理”作为分析现象的角度,
最后选择“研究物质性质的基本程序”作为构建思
维模型的黏合剂。因而,教学应从微观探析、科学
探究、认知规律三个视角出发,设计“微观→宏观→
微观”“猜想→实验→结论”“具体→一般→具体”
三条教学主线,中间融入研究物质的 5 条基本认识
思路。

(三)多层次教学问题设计引领多元化学习

学生解决问题的模型不是通过告知就可以学
会,需要设计多层次的问题,通过合作讨论、归纳演
绎、实验探究等多种学习方式,在寻找问题解决方
法的过程中逐步形成。如在“探究 Fe^{3+} 与 SO_3^{2-} 反
应”的第一课时,设计“猜想环节”“实验探究环节”
“模型结构化”三个教学环节,每个环节以不同的问
题推进。

“猜想环节”首先抛出发散性问题“运用你所学
过的知识,猜想 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 与 Na_2SO_3 两溶液混合
会发生什么反应,可能有什么现象”。要求学生具
备开放性思维,找到猜测的依据推测相关现象,同
时反思评价自己选择的理论是否正确。面对这个
问题,有 50% 的学生认识角度局限于个人对知识的
熟悉程度,认识思路局限于个人分析问题的经验,
只能从“氧化还原反应”“水解反应”其中一个角
度进行推测,只有 30% 的学生能从两个角度完成推
测。为了引导学生联想到“络合反应”的认识角度,
教师让学生分析 SO_3^{2-} 的结构,并判断该离子能否
作为配体形成络合物,提出“溶液中是否具备发生
络合反应的可能”。在此基础上,抛出整合性的问

题“认识一个陌生反应可以从哪几个方面进行猜想
和推测”,帮助学生归纳研究陌生反应的认识角度
和认识思路,为思维结构化打下基础。

“实验探究环节”中,观察 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 与 Na_2SO_3
两溶液混合后,溶液颜色几乎无变化,出现实验事
实与预测不一致,部分学生认为没有反应,少数学
生认为需进一步实验,运用控制变量法设计“在相
同浓度和体积的 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液中分别加入等体
积蒸馏水或 Na_2SO_3 溶液”对比实验,基于对比实
验观察到溶液颜色变深的事实,学生不再质疑反应
发生。此时,提出分析性的问题“若反应进行的程
度较小,无法用肉眼观察,怎样确认一个反应已发
生”。学生通过 Fe^{2+} 和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体的特征实验,
确认 Fe^{3+} 与 SO_3^{2-} 的双水解反应和氧化还原反应
均有发生。随后,提出创新性的问题“如何通过实
验只让氧化还原反应发生”,学生关联了“电化学
知识”将反应设计为原电池得以验证,同时获得“多
种反应共存的体系,可借助特殊装置验证反应是否
发生”的经验。为了完善学生的认识角度,教师展
示放置 3 个小时后的混合溶液,提出探究性的问
题“为什么混合溶液颜色由红棕色会变为浅绿色,
现象背后的本质是什么”,将问题思考点引到学生
容易忽略的速率和平衡的认识角度上。

“模型结构化环节”提出整合性的问题“回忆本
节课研究 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 与 Na_2SO_3 两溶液混合发生
反应的过程,尝试说说研究陌生的多反应复杂体系
的程序步骤”。以学生亲身历程作为基础,帮助学
生从一个事例的分析步骤中提炼出一般性程序化
操作步骤,形成多反应复杂体系的分析模型。

四、深度学习视域下高中化学结构化教学的反思

任何教学离不开知识,离开知识的教学就是架空的教学,是不能被学生理解的教学,不具有生命力的教学。以知识为基准进行结构化教学,聚焦化学学科知识间的关联以促进学科知识重构化,凸显化学学科知识的思维功能推进学科模型系统化,循道知识的形成过程,让学生在体验中汲取经验以增进经验系统化。

(一)聚焦知识间的关联促进知识重构化

知识之间存在一定的关联性。比如因和果的因果关系、一个知识的变化引起另一个相应变化的相关关系、相似知识点之间的相似关系和对比关系、科学研究过程的顺序关系、知识间的外延和内涵大小存在上下级的层级关系等。聚焦知识间的关联,将多个知识重构,形成学生自己知识体系,能促进学生深度学习^[5]。如利用因果关系整合“位构性”的知识体系,从原子结构特点及变化理解元素周期律,再由周期律理解元素周期表中元素性质的变化。利用对比关系整合原电池与电解池之间区别与联系,重构“与电相关的能量转化”的知识体系。利用“价类二维”层级关系帮助学生重构高中化学元素化合物的知识框架,从元素化合价、物质类别两个角度统摄同一元素所有物质间的转化,形成完整的知识链条,这种层级关系可以用于预测物质间的转化存在与否。在重构知识的过程中,作为教师不仅要关注知识本身的体系化,更要注重这个知识与其他知识之间的关联度,借助多样化的关联手段,将零散的知识点重构,编织成一张紧密相连的知识网络,提升学生的认知水平和解决问题的能力。

(二)凸显知识思维功能推进模型结构化

知识最重要的特征是具有思维功能,知识的本质是能判断并提供相关思维体系,并能够支持创造性思维。学生的学习是个体的学习,个体不同对知识的理解和关联的程度不同,运用方法和模型灵活度不同,面对一个问题的思维方式也不同^[6]。教学时,要凸显知识的思维功能,在静态的知识结构中突出动态的思维结构,多设置怎样提取知识的问题,将知识背后的思维功能显现出来,以思维带动知识重构化,以重构的知识体系支撑起思维的结构化,促进思维创新。如多问“为什么提取的是这个知识,而不是其他知识”“为什么会联想到这个思维模型”“为什么要从这个角度假设,是否有其他角

度?是否可行?对于问题的解决有什么优势和劣势”等问题。知识重构化与思维结构化是在不断交替循环的过程中螺旋上升,学生思维的发展是建立在知识理解基础之上,是更高水平的知识建构,凸显知识思维功能的教学是推进模型结构化的关键。

(三)循道知识形成过程增进经验系统化

知识是人与客观世界持续互动过程中,逐渐构建起对客观世界的理解,人从真实世界众多事实中提取得到知识的认识过程就是经验体系化、规范化的过程。教学时,将学生置身于知识形成的起因、延伸、拓展、完善实践活动中,还原知识的形成过程,让学生经历对知识的“感知认识”到“重构内化”的过程,实现知识→能力→素养的转化,是促进经验系统化的有效途径。以知识本体的发展过程作为教学过程,让学生在知识价值功能中体会知识学习的必要性,在知识模型构建过程中理解分析方法和思路;在相似问题的解决中多次重现知识本体,体验知识的内涵和外延,用自己的方式理解知识本体;在知识本体与已有知识间的对比中理解和甄别,内化融合知识、方法、思路,拓展延伸知识体系,在感悟中重构升华;在陌生情境中提取有效信息,选择合适的知识模型和方法技能,关联所需知识,达成问题解决,在积累经验过程中促进经验系统化。循道知识形成过程的教学是关注学生个体对知识的理解的教学,是增进经验系统化的有效途径。

总之,深度学习视域下的结构化教学的关键是在知识结构化中促进思维模型化,培养学生自主提炼模型意识和提升学生凝练模型的能力,同时突破固有认知,将经验抽离为系统的、一般的、更大的科学模型,推动深度学习能力的形成,促进终身学习习惯的养成。▲

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,2018:70-74.
- [2] JENSEN E, NICKELSEN L A. 深度学习的几种有力策略[M]. 上海:华东师范大学出版社,2017:10-12.
- [3] 王磊. 基于学生核心素养的化学学科能力研究[M]. 北京:北京师范大学出版社,2017:15-19.
- [4] 张良. 论素养本位的知识教学:从“惰性知识”到“有活力的知识”[J]. 课程·教材·教法,2018(3):50-55.
- [5] 童文昭,王后雄. 促进知识结构化的循证教学:设计与实施[J]. 现代远程教育研究,2024(1):54-56+72.
- [6] 冯友梅,颜士刚,李艺. 从知识到素养:聚焦知识的整体人培养何以可能[J]. 电化教育研究,2021(2):5-10+24.