

规则空间模型在中学化学核心概念学习 进阶建构中的应用研究

——以“原电池”为例

陕西师范大学化学化工学院 710119 严文法 宋丹丹

一、问题的提出

近年来,学习进阶已成为国内外科学教育的热点研究领域。我国学者郭玉英认为学习进阶必备四个基本要素:大概念或核心概念、学习进阶的变量和层级、学生的表现以及追踪学生表现的测量模型。心理测量学模型能够使学习进阶与评价结合起来,既为验证学习进阶的有效性提供证据,又能对学生做出诊断,当前应用到学习进阶中的心理测量学模型有单维项目反应模型、多维项目反应模型和认知诊断模型。其中,规则空间模型(Rule Space Model, RSM)作为认知诊断模型最具代表性的工具在学习进阶研究中的应用越来越多。

规则空间模型是美籍日本教育家 Tasuoka 提出的一种认知诊断理论,该模型将认知心理学、项目反应理论与多元统计结合为一体,基于统计方法将学生对题目的作答反应划归为与认知技能相联系的属性掌握模式。它的基本原理是将学生在解题时要使用的知识、认知加工技能或策略定义为属性,这些不同属性的组合产生不同的属性模式。根据学生在测试项目的作答情况可以找到学生的属性掌握模式,这些属性掌握模式即为学生的知识结构,也就是学生对属性掌握的组合情况。规则空间模型是将传统的单一分数转化为学生在解题中所涉及的认知过程与技能的掌握概率,然

► 评价任务四:发展学生能够解决真实情境中存在的问题的能力,诊断学生对化学价值的认识水平。

【教师活动】布置课后作业,延伸本节课的学习内容,拓展学生的知识视野。

【学生活动】课后作业:1. 查阅二氧化硫的用途,二氧化硫被作为食品添加剂已有几个世纪的历史,二氧化硫广泛地应用于食品中的作用原理是什么? 2. 查阅相关资料,在城市的污水中含有氯气,如果你是该城市环境部门的化学研究员,你应该如何处理污水? 3. 查阅资料,在工业上如何制取硫酸,请你提出一套合理的实验设计方案。(三选一)

【学生活动】小组互相分享设计方案,合作交流,挖掘优点弥补不足,优化本组设计方案。

【设计意图】为了社会经济可持续发展、提高生活质量,将化学知识与实际生活相关联,能够激发学生调动身边能利用的资源查阅资料,认识到物质之间转化的思路方法,培养学生灵活的思维能力、勇于创新的精神以及强烈的社会责任感。

四、案例总结

“二氧化硫的性质”一课采用线上和线下相结合的教学方式,通过网络查阅课前学习资料,梳

理自主学习内容线上交流,丰富了学生的学习内容,延长了学生的学习时间,增加了更多师生和学生间的互动空间;课中延伸的实验探究学习提高了教学目标的达成度,也提高了学生的小组活动效果,整体的课堂效率逐步得到提升;课后布置与社会生活实际相关的学习任务,让学生具有利用所学知识解决实际问题的能力,活学活用,符合新课程标准的教育理念。本节课基于新课程标准提倡开展“素养为本”的教学,重点突出了较为丰富的化学学科核心素养发展的价值。学生在学习过程中能够概括物质的性质,认识物质并构建其相关化合物相互转化的认知模型,运用模型解释化学现象,揭示现象的本质和规律。

新课程标准的基本理念是以发展学生的化学学科核心素养为主旨,促进学生逐步形成化学学科的核心观念,适应学生未来发展的需要,满足社会对现代人才培养的需求。

基金项目:哈尔滨师范大学深化教育教学综合改革项目,项目编号: X2015-2-004。

通讯作者:季春阳, jichunyang1963@163.com

(收稿日期:2018-12-15)

后根据学生的属性掌握模式和能力估计将学生划分为不同的学习进阶水平,并描绘了学习进阶中的多个学习路径图,为教育者提供清晰地学习情况。

学习进阶是描述学生思维发展的有效方式。原电池是高中化学知识的重点和难点,为突破该重难点内容,本文基于规则空间模型建构了“原电池”的学习进阶,为学生的思维发展外显化提供了一条有效的路径,从而更好地指导教师的教和学生的学。

二、原电池认知属性和层级关系的界定

认知属性的界定是规则空间模型应用中最重要的一部分,直接影响认知诊断结果的准确性和可靠性,所以界定合理的认知属性是实施学习进阶研究的关键步骤。一般属性界定主要分为两部分:第一部分是确定认知属性的个数,第二部分是构建属性层级结构即确定认知属性之间的相互关系。

1. 认知属性的梳理

认知属性是学生在解题过程中所需要的知识、技能或策略,确定原电池的认知属性是基于规

则空间模型构建学习进阶的基础。本研究对原电池认知属性的确定主要采用了文本分析法,通过对 2003 年和 2017 年两版高中化学课程标准、考试大纲、人教版高中化学教材、近几年高考理综化学试题及原电池相关概念的研究进行分析梳理,共归纳出氧化还原反应、原电池与能量转换、电极反应、原电池形成条件、盐桥、原电池工作原理、原电池的应用等 7 个一级属性以及氧化还原反应的概念、本质等 23 个二级属性。

2. 原电池认知属性和层级关系的确定

为了确定原电池认知属性及其层级关系,采用了专家评定法,向 2 位正高级、5 位特级、8 位高级中学化学教师和 4 位高师化学教学论专家发放原电池认知属性认同度调查问卷并进行访谈,要求他们罗列原电池内容的知识点并构建层级关系,最后讨论确定了 5 个一级属性和 14 个二级属性(见表 1),并构建出认知属性层级关系图(如图 1 所示)。

表 1 “原电池”认知属性及其含义

一级属性	编码	二级属性	编码	具体描述
定义	A	原电池的概念	A-1	明确原电池是化学能转化为电能的装置
原电池形成条件	B	自发进行的氧化还原反应	B-1	知道氧化还原反应是有电子转移的反应,明确氧化还原反应与原电池的内在联系
		两个电极	B-2	知道初级原电池一般是由两种活泼性不同的金属(或一种是非金属导体)作电极,电子流出的一极为负极,电子流入的一极为正极
		闭合回路	B-3	明确两个电极需插入电解质溶液中或者熔融电解质中且两电极相连形成闭合回路
电极与电极反应	C	电极	C-1	能够根据金属在不同电解质溶液中的活泼性不同判断正负电极
		电极反应	C-2	描述电极现象与电极产物、判断电极反应类型、书写电极反应式、电极反应相关的计算
内外电路	D	外电路	D-1	判断电子的移动方向及电流方向
		内电路	D-2	判断电解质溶液或者熔融电解质中离子的移动方向
		盐桥	D-3	明确盐桥的组成和作用
原理及应用	E	设计化学电池	E-1	能够根据电极反应式或总反应式设计原电池
		比较金属活动性强弱	E-2	知道两金属作原电池两极时,负极一般比正极活泼
		控制化学反应速率	E-3	知道将氧化还原反应设计成原电池时,反应速率会增大
		燃料电池与新型电池	E-4	分析燃料电池及新型电池的工作原理
		金属的腐蚀与防护	E-5	知道金属腐蚀的危害及电化学腐蚀原理、了解防止金属腐蚀的措施

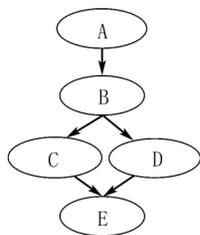


图 1

通过图 1 所示的认知属性层级关系图,可以知道学生在掌握原电池时所具备的属性及属性之间的逻辑关系。从图中可以看到定义(A)是掌握原电池形成条件(B)、电极与电极反应(C)、内外电路(D)和原理及应用(E)的基础条件,只有当学生掌握了以上 4 个属性(A、B、C、D)后,才能完全掌握原理及应用(E)。

三、原电池核心概念的学习进阶建构

本研究的学习进阶建构采用了心理学家比格斯(Biggs J. B)在 1982 年提出的 SOLO (Structure

of the Observed Learning Outcome) 分类理论,这一理论继承和发展了皮亚杰的认知发展阶段理论,是以等级划分为基础来描述学生思维能力目标,是一种质性评价方法。SOLO 理论将学生的思维、认知水平由低到高分五个层次:(1) 前结构水平,就是学习前的水平,表示学生一无所知;(2) 单一结构水平,只有一条线索来解决问题;(3) 多元结构水平,有多条线索来解决问题但不能将这些思路整合归纳;(4) 关联水平,能将多种思路整合在一起来解决; (5) 拓展抽象水平,能够超越问题本身,对各种线索归纳并进行更抽象的概括,在理论高度解决问题。由于前结构水平表现为一无所知,所以本研究未涉及该水平,结合基于规则空间模型构建的认知属性及其层级关系和 SOLO 分类理论各层级水平的表现特点,笔者建构了“原电池”的学习进阶水平,如表 2 所示。

表 2 “原电池”学习进阶水平建构

水平	SOLO 层级	原电池概念水平表现	属性
水平 1	单一结构水平	知道原电池是将化学能转化为电能的装置;在原电池概念基础上,知道原电池的组装置必须要有自发进行的氧化还原反应,两个电极和闭合回路。	掌握 A 或 A、B
水平 2	多元结构水平	掌握了水平 1 中涉及的所有内容;知道原电池是将化学能转化为电能的装置,并通过原电池的形成条件来判断正负电极、描述电极现象、书写电极反应式并进行电极反应相关计算或能够判断电子和电解质溶液中离子的移动方向及盐桥的作用。	掌握 A、B、C 或 A、B、D
水平 3	关联水平	掌握了水平 2 中涉及的所有内容;除未掌握电极与电极反应外,但能进一步简单分析新型电池的工作原理或除未掌握内外电路外,但能进一步应用原电池原理来解决部分问题(如设计化学电池、比较金属活动性强弱、控制化学反应速率等)。	A、B、C、E 或 A、B、D、E
水平 4	拓展抽象水平	利用原电池概念、形成条件、电极与电极反应和内外电路等相关知识迁移应用到不同问题情境(如设计化学电池、比较金属活动性强弱、控制化学反应速率、分析燃料电池与新型电池工作原理、金属的腐蚀与防护)形成问题解决方案。	全部掌握

四、小结

近年来使用规则空间模型对学生认知诊断较为普遍,现在正逐渐应用于学习进阶的研究中。本研究将“原电池”作为研究对象,通过文本分析法、文献研究法、问卷调查法和访谈法界定了高中化学“原电池”的认知属性和层级关系,根据认知属性掌握数目并结合“SOLO 分类理论”建构了其学习进阶。界定合理的认知属性并建构适当的学习进阶有利于教师的教和学生的学,根据认

知属性的层级关系能够给教师提供教学思路,并能清楚知道学生的思维路径。

教育部人文社会科学研究规划基金项目“跨学科视角下的中小学科学核心概念学习进阶研究”(项目编号:18YJA880 103)与陕西师范大学中央高校基本科研业务费专项资金项目“跨学科视阈下的中小学生学习科学核心概念学习进阶研究”(项目编号:18SZYB35)阶段性研究成果

(收稿日期:2018-11-15)