

以多元表征学习助推化学知识整体建构

路辉

辽宁省新宾满族自治县职教中心

摘要: 化学多元表征是对化学知识结构和关系的多元描述, 是对知识认知过程和认知结果多样化的化学表达。学生在学习的过程中用不同的表征方式呈现对化学概念和数量关系的理解, 可以培养学生将化学知识在表征系统内外的转换和转译能力, 帮助学生积极主动建构知识体系。学生深入挖掘知识本质, 用差异化方法展现问题解决的不同思维路径, 让思维过程可视化和显性化, 彰显知识的结构和关联, 深化化学理解, 不断培育学生对知识的整体建构能力。

关键词: 多元表征; 化学理解; 整体建构

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2024.04.159

美国教育心理学家布鲁纳认为多元表征主要包含了宏观物质表征、微粒表征和符号表征三种表征方式, 莱什将布鲁纳的表征理论扩充为图像、微粒符号、元素符号。多元表征其本质是使用不同性质的表征形式替代化学学习对象, 使思维过程可视化、显性化, 使化学理解走向多角度多思维, 促进内在表征(心理表征)的丰富、生动与深刻^[1]。教师在教学过程中, 引导学生进行多元表征学习, 让学生用不同的表征方式呈现对化学概念的理解, 用差异的方法展现问题解决的不同思维路径, 可以不断培养学生将化学知识在表征系统内外的转换和转译能力, 有效降低学生学习的认知负荷, 挖掘化学知识本质, 从而帮助学生建立结构化的化学知识体系, 在深度学习中促进学生思维发展。

一、优化表征方式, 促进思维发展

布鲁纳认为“表征是一套规则, 按照这套规则一个人可以恰当地保持周围环境的特点而复现出来”。布鲁纳认为学生理解掌握知识的顺序概括为宏观物质、图像符号和微粒符号, 这三种表征编码方式是依次发展、逐步深入的螺旋上升过程, 符合学习内容的打开顺序和知识生长的逻辑。教师在组织学生利用多元表征学习建构知识体系的过程中, 不能忽视表征方式的多样性和层级性。很多时候, 教师为了得到正确的结果会引导学生长期遵循一种方法解决问题, 过度依赖直观性, 没有有序优化表征方式, 没有引导学生利用更高级表征方式表征学习对象, 忽视了对化学思想和方法的归纳总结, 造成学生学到的知识是相互割裂和支离破碎的, 运用知识解决问题时方法单一, 对知识本质理解肤浅, 不利于抽象

逻辑思维的发展。

据笔者平时观察, 很多学生到了高中对化学反应的认识仍然停留在宏观上的物质变化阶段, 没有升级到微粒符号水平, 由此造成的后果是学生后续化学理论层面的学习产生非常大的困难。造成这种现状的关键原因可能是学生在最初学习化学知识过于依赖现象推理, 教师在教学中没有浓墨重彩地讲解微观上的变化, 忽略了化学思想方法, 学生学习机械、教条, 教师没有引导学生及时领悟“微粒观”的思想, 没有归纳总结宏观物质与微观粒子的对应关系, 学生的合情推理能力和归纳概括能力培养严重缺位。还有一种可能, 部分思维能力较弱的学生进行推理时比别的学生往往慢半拍, 长期对宏观的物质组成存在过渡的依赖, 而教师没有及时对学生单一的宏观物质的思维模式进行强化干预, 没有及时引导学生脱离具体的宏观思维向更高层次的抽象思维发展, 久而久之, 这部分学生的抽象思考能力一直停留在直观水平, 没有形成推理时“脱口而出”的具有“自觉能动”特征的思维能力。

由此可见, 运用宏观、微粒图像和符号三种表征方式进行教学时既要注重表征方式的多样性, 又要关注表征方式由浅入深、循序渐进的发展层级, 在表征方式的相互依托、承前启后的过程中实现学生思维品质的提质进阶。

二、建立表征关联, 凸显知识融通

美国学者莱什认为化学概念的发展过程: “宏观物质描述只是化学概念发展的一个方面, 其他的表述方式——如微粒图像、符号语言等——同样也发挥了十分重要

的作用。”多元表征是对化学知识结构和关系的多元描述，多元表征是学生学习过程中内隐思维方式的外化，是学生自主建构知识的凭借和工具。

在学教评一致性视角下，多元表征的不同形式既体现了学生学习的个体差异，又可以展现学生在学习过程中的不同思维水平层次，比如，在学习高中有机化学时，为了调查学生对有机物分子的认识掌握情况，笔者将多元表征微粒图像作为对学生进行表现性评价的工具，使教师精准地把握学生的“学”，为教师后续的“教”提供诊断和导向。如图1，以甲醇转化为甲醛为例，让学生根据图示，在多元表征学习中，建立多种表征关联，让学生运用微粒图形、符号等表征方式强化对“微粒观”的建构，既考查学生是否具备了将知识在表征系统内的转换和不同系统间的转译能力，又考查学生将宏观上对有机化学的反应迁移应用到微观粒子中的能力，凸显了化学不同用语知识间的融会贯通，让知识结构化，培养了学生的抽象思维。

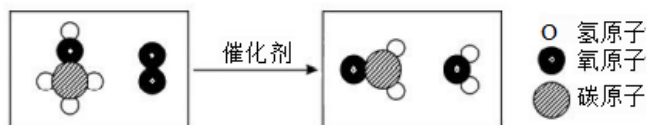


图1

三、丰富表征知识，降低认知负荷

斯威勒等人的认知负荷理论认为，要优化多元表征学习的过程和结果，其基本原则必然要尽量降低外在和内在负荷，增加有效负荷，使三种认知负荷的总量处于工作记忆承受负荷的最近发展区内^[2]。由此可见，由此可见，好的学习材料能为多元表征学习提供支持，教师在教学中要为学生提供丰富的学习素材和学习路径的支持，降低认知负荷，增加有效负荷。

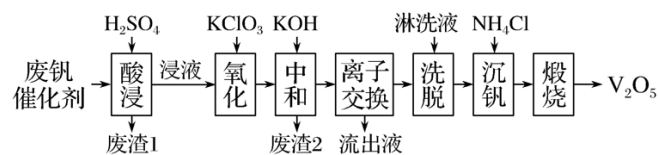
氧化还原反应的学习是高中阶段最难学习的内容之一，之所以“难”，难在学生一学就会，一做就错，一过就忘；难在学生更多关注的是特征和形式上的变化，不能够达到实质性理解，缺乏对氧化还原反应内在的理解支撑，不能用“电子守恒”来解决问题。在后续的学习中，学生遇到诸如“确定生成物的化学式”等变式题目时，因为题目发生微妙的变化，许多学生会一脸懵

圈，完全无从下手。笔者在教学氧化还原反应时，引导学生运用多种表征方式从氧化还原反应的基础知识角度建构认知模型。如下题目，创设问题情境，采用“电子守恒”的解题方法，为学生提供“内在”的思维支架，让学生从氧化还原反应的本质出发，依据氧化还原反应的内涵来解决问题，降低了学生的认知负荷，收到了较好的学习效果。

题目如下：以硅藻土为载体的五氧化二钒（ V_2O_5 ）是接触法生产硫酸的催化剂。从废钒催化剂中回收 V_2O_5 既避免污染环境又有利于资源综合利用。废钒催化剂的主要成分为：

物质	V_2O_5	V_2O_4	K_2SO_4	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
质量分数/%	2.2~2.9	2.8~3.1	22~28	60~65	1~2	<1

以下是一种废钒催化剂回收工艺路线：



“氧化”中欲使 3mol 的 VO^{2+} 变为 VO_2^+ ，则需要氧化剂 $KClO_3$ 至少为_____ mol。

该题是一道化学工艺流程题目，由于该题与离子反应有关而增加了试题的难度，笔者在与学生分析时，引导学生从氧化还原反应的特征出发进行思考，参加反应的物质化合价的变化其实质是电子转移。发生电子转移的双方存在着一种必然关系，即得失电子数相等，这样，学生抓住了解决问题的关键点，降低了认知负荷，思维上从表征（化合价的变化）到实质（电子转移）进行了层级跨越。接下来解决这道题目就得心应手了。

学生经过讨论，解题步骤如下：

解：“氧化”中使 3mol 的 VO^{2+} 转化为 VO_2^+ ，转移电子的物质的量为 $3\text{mol} \times (5-4) = 3\text{mol}$ ；反应物 $KClO_3$ 被还原为 KCl ，氯元素的化合价从+5价变为-1价，依据电子守恒可得，需要 $KClO_3$ 的物质的量至少为 $3\text{mol}/6 = 0.5\text{mol}$ 。

四、利用表征转译，促进思维互融

美国著名教育心理学家莱什认为：“学生习得一个概念必须具备三个条件：一是将化学概念放置在表征系统之中；二是在表征系统中恰当地处理概念；三是将概

念放在不同表征系统中进行转换”。可见，将知识进行同一表征系统内的相互转换和表征系统间转译，可以让学生充分积累化学经验，帮助学生在不同的表征形式之间建立联结、从一种表征联想到另一种表征，在不同表征方式之间实现相互参照、相互印证，实现算理和算法的融会贯通，促进对学科知识本质的理解和应用。

高中教材《盐的水解》这部分知识点，对于学生来讲，有一定难度，学生对盐的认识，只停留在构成盐的阳离子、酸根离子的表面，往往忽略了在水溶液中构成盐的离子可能会与水分子发生一定的化学反应，从而导致溶液中的离子数目、溶液的pH值会发生变化。笔者在和学生讨论此类题目时，引导学生思考，离子在溶液中与水电离出的 H^+ 或 OH^- 可能会发生哪些化学反应，用动画进行推理演示，使学生由表及里，从浅显的表征认知出发，思维逐步递进，思考问题的层级也在丰富和提高。

学生在知晓上述知识点的前提下，笔者引导学生运用“守恒思维”解决问题，学生们豁然开窍，问题便迎刃而解了！

题目如下：在室温条件下， 0.1mol/L 的 Na_2CO_3 中，溶液中离子浓度从大到小的顺序为_____，溶液中含有碳元素的离子浓度之和为_____。运用电荷守恒建立溶液中离子浓度的等式为_____。学生们经过讨论，首先是 Na_2CO_3 发生电离： $\text{Na}_2\text{CO}_3=2\text{Na}^++\text{CO}_3^{2-}$ ，考虑到 H_2O 微弱电离： $\text{H}_2\text{O}\rightleftharpoons\text{H}^++\text{OH}^-$ ，接下来 $\text{CO}_3^{2-}+\text{H}^+\rightleftharpoons\text{HCO}_3^-$ ， $\text{HCO}_3^-+\text{H}^+\rightleftharpoons\text{H}_2\text{CO}_3$ ，在学生分析了上述过程中发生的反应之后，学生分析问题的技能得到有效提升，从微观粒子间反应的角度挖掘出了溶液中存在诸多离子的根源。笔者接下来组织学生们进行讨论溶液中 H^+ 与 OH^- 浓度的大小比较，然后笔者安排一个小实验，测定该溶液的pH值 >7 。学生们比较容易得出溶液中离子浓度大小排序为： $\text{Na}^+>\text{CO}_3^{2-}>\text{HCO}_3^->\text{H}^+>\text{OH}^-$ 。笔者引导学生思考：溶液中含有碳元素的离子浓度之和等于多少？学生们经过小组讨论，从微观粒子的角度分析，由于在溶液中发生水解，分别生成了 HCO_3^- 、 H_2CO_3 ，还有尚未发生的大部分 CO_3^{2-} ，而上述离子皆是来源于最初的 Na_2CO_3 中的 CO_3^{2-} ，学生们从整体思维角度考虑，遵循

“物料守恒”即 $\text{CO}_3^{2-}+\text{HCO}_3^-+\text{H}_2\text{CO}_3=0.1\text{mol/L}$ 。笔者再次组织学生分析：为什么溶液不显电性？当学生的思维陷入僵局的时候，笔者引导学生思考，溶液中阳离子所带电荷之和与溶液中阴离子所带电荷之和电性相反，电量相等是导致溶液不显电性的根本原因。于是，学生的认知从微粒表征上升了一个新的层级，建立起溶液中阳离子所带的电荷之和： Na^++H^+ ，阴离子所带的电荷之和： $2\text{CO}_3^{2-}+\text{HCO}_3^-+\text{OH}^-$ 。二者应该相等才能保证溶液不显电性： $\text{Na}^++\text{H}^+=2\text{CO}_3^{2-}+\text{HCO}_3^-+\text{OH}^-$ 。上述三个填空题实则是对学生认知层面的逐级培养和提升。

学生们从最初对知识点认知的表征阶段逐步上升到理性、较为抽象的层面，即表征进行了转换和转译，极大地丰富了学生的认知，有效提高了化学学科的基本素养。

教学中必须运用表征的转换和转译，才能让学生对这一规律从形式结构上的记忆走向规律内涵的理解，让学生在理解盐的水解的基础上提炼总结盐类水解的内涵，实现“表”“里”交汇融通，实现知识自主建构。

综上，教师在引导学生解决问题的过程中，将表征问题用宏观表征、微粒表征、符号表征展现出来，发挥了表征系统的转译功能，同时在进行符号表征时，学生可以用思维导图模型再现等实现了表征方式的个性化转换，让思维可视化，有效帮助学生从不同维度理解化学对象，在形式和本质上达成对化学性质的深入理解。

多元表征学习是促进学生深度学习的重要方式，是学生建构化学知识结构的重要工具，其学习的过程对比其他形式更注重个性化、联系性和结构化，在学习效果上体现了多维度联结和意义建构的价值追寻，在对化学对象的多元表征转换和转译中，学生对化学概念和微观粒子数量关系的理解从单一走向多元，从模糊走向清晰，从浅表走向深刻，助推学生整体建构知识体系，让学生思维品质提质进阶。

参考文献

- [1] 郎宏坤. 在多元表征和多重编码中发展数学语言[J]. 新课程研究(上旬), 2016(7): 4-6
- [2] 唐剑岚. 数学多元表征学习及教学[M]. 南京: 南京师范大学出版社, 2009.7