基于学科理解的化学核心概念教学研究*
——以“氧化还原反应”为例

陈迪楠[1]，黄　润[1,2]，龚　伟[1]
（1. 浙江师范大学教育学院，浙江金华　321004；2. 那曲市浙江中学，西藏那曲　852000）

摘　要：高中化学“氧化还原反应”的传统教学模式往往侧重于理论知识的直接灌输和简单的实验观察，缺乏情境关联和深度探究，难以激发学生兴趣并促进深度理解，而基于学科理解的核心概念教学有利于改善这一现状。研究综合考虑氧化还原反应概念的发展历史和学科本质，提出两个本原性问题并细化形成问题链，从概念层级结构出发分别利用演绎和推理的方法构建两大概念模型，根据课程标准的内容要求和学业要求提炼认知视角和思路，最终形成基于学科理解的氧化还原反应教学策略。教学设计利用学生实验和仿真实验开展高水平实验探究，通过创设典型实例帮助学生建构概念，并联系生产生活实际融合多学科知识，开阔学生从化学角度看世界的视野。

关键词：学科理解；核心概念；教学研究；氧化还原反应
文章编号：1005－6629(2025)02－0039－06　　**中图分类号：**G633.8　　**文献标识码：**B

学科理解是指教师对学科知识及其思维方式的本原性、结构化认识[1]，基于学科理解的化学教学策略强调明确本原性问题并设计相关学习任务，并在概念层级结构的建构中形成化学认识视角[2]。高中化学存在大量定义性抽象概念，仅仅停留在从概念到概念的记忆无法满足高中阶段的学习要求，而基于学科理解的概念教学有利于促进化学知识结构化、深化化学概念理解程度、发展学生化学学科核心素养。

氧化还原反应是高中化学的核心概念之一[3]，其概念的发展继承并修正了初中关于得失氧的简单定义，并在高中阶段深化了微观电子转移本质和宏观化合价判据的多重内涵。但在实际教学中，教师选取情境时往往流于形式或较为陈旧，难以引起学生学习兴趣并与本节课的教学建立紧密联系；开展实验探究时，仅简单利用原电池装置观察电流表指针的偏转，并未深入探究哪种反应物得到（或失去）电子；基本概念学习多依赖教师直接定义，学生较难构建概念模型。因此有必要从学科理解视角对氧化还原反应展开教学研究。

1　教学内容分析

1.1　本原性问题

本原性问题是触及知识产生、学科本质的问题[4]。人们对氧化还原反应的认识历史悠长而复杂，经历了得失氧→化合价升降→电子转移→氧化数变化的螺旋式上升的过程，在高中阶段可简单地将氧化数与化合价等同，可见“化合价升降→电子转移”和“电子转移→化合价升降”的教学逻辑均有其合理性。综合考虑学科本质问题，在“什么是氧化还原反应”的本原性问题中，本节课以有氧气参与的电池反应（氢燃料电池）和无氧气参与的电池反应（伏打电堆）为典例，引导学生从电池为什么能使灯泡发光的角度寻找两个反应的共同点，直接得出氧化还原反应的本质；再从原子结构角度深入认识电子转移的两种情况；最后考虑理论应用的难易程度，引导学生寻找氧化还原反应的宏观判据，构建认识氧化还原反应的宏微模型（见图1）。

化学科学认识活动对其基本问题“物质及其转化”的认识存在两大基本任务：一是探寻“物质及其转化”的基本规律，二是建构“物质及其转化”的科学理论[5]。可见探寻物质转化规律如氧化还原反应的规律是化学

* 浙江师范大学2024年度教学改革项目“基于学生发展的‘学科课标研究与教材研究（化学）’课程重构研究”阶段性研究成果。

中国知网　https://www.cnki.net

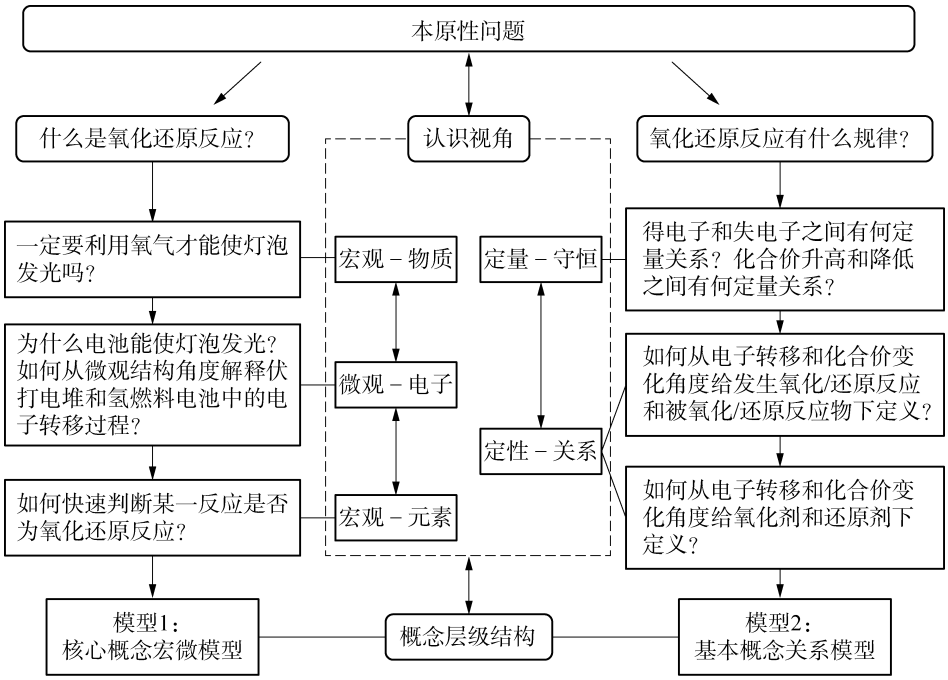

图1　基于学科理解的氧化还原反应教学

认识活动的基本任务之一,因此可确定第二个本原性问题即“氧化还原反应遵循什么规律”。在这一本原性问题中主要解决的是从宏观判据和微观本质两个角度认识氧化还原反应的规律。从定量角度,氧化还原反应遵循得失电子守恒、化合价升降守恒两大守恒规律,这是后续学习氧化还原反应的配平与计算的基础。从定性角度,氧化还原反应包含一系列基本概念,引导学生自主建构元素化合价升与降、氧化与还原、氧化剂与还原剂、氧化产物与还原产物等概念之间的关联,能为后续学习氧化性、还原性强弱顺序的判断规律奠定基础。

1.2　概念层级结构

建立概念层级结构能有效帮助学生学科理解结构化,关联孤立概念形成有机整体[6]。氧化还原反应是高中化学的核心概念之一,与离子反应一起支撑化学反应大概念,其下位基本概念包括一系列相关名词或短语。不难发现,氧化还原反应下属的基本概念繁多且关系复杂,非常有必要根据知识关联建立合适的结构化概念模型。根据认识方法的不同,建构概念模型的方式可以分为两种:一种是自上而下不断地演绎和具体化,另一种是自下而上不断地归纳和凝练。核心概念宏微模型(模型1)的构建适合以氧化还原反应为上位概念,采用演绎的方法,从宏观和微观具体化其与基本概念之间的内涵,建立对氧化还原反应的正确认识。基本概念关系模型(模型2)的构建以电子转移和化合价升降为线索,引导学生从这两个角度定义氧化反应、还原剂等概念,采用归纳的方式,凝练整理出关系模型(见图2)。

1.3　认识视角

认识视角是对如何解决化学本原性问题的方法阐述,主要包括物质与能量、宏观与微观、定性与定量、状态与过程等[7]。《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》中有关内容要求和学业要求的阐述蕴含着对认识视角的要求。氧化还原反应选自“主题2　常见的无机物及其应用”,主题2对氧化还原反应提出的内容要求包括“认识有化合价变化的反应是氧化还原反应,了解氧化还原反应的本质是电子的转移”,据此可提炼出宏观(化合价)和微观(电子)两个认识视角,结合初中对氧化还原反应得失氧的阐述,可以形成“宏观物质(得失氧)-微观电子-宏观元素(化合价)”的认识思路。主题2还提出“知道常见的氧化剂和还原剂”“利用氧化还原反应对常见的反应进行分析说明”等要求,结合氧化还原反应的基本概念,可以梳理出定量(守恒)和定性(关系)两个认识视角,为氧化还原反应

中国知网　https://www.cnki.net

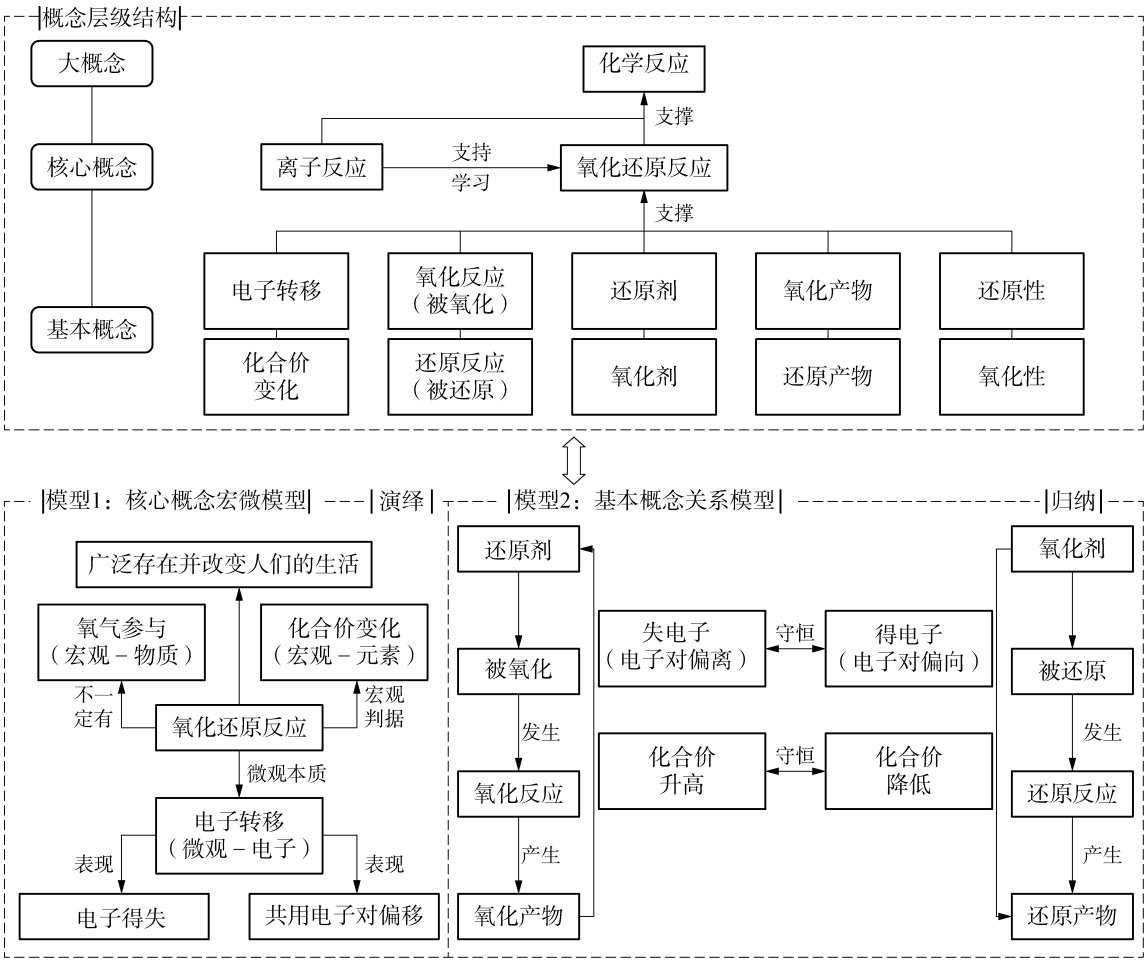

图 2　氧化还原反应概念层级结构及概念模型

的配平、元素化合物性质的预测等后续内容奠定基础。

2　教学实践

2.1　学情分析

选取浙江某中学 48 名高一年级学生展开前概念测查，结果显示一般学生对生活中常见的氧化现象认识局限于铁生锈，少数学生会提及燃烧、苹果表面变色等；认识反应往往从四大基本反应类型或物质层面出发，个别学生会从化合价角度对反应进行分析；部分学生认为氧化反应与还原反应不可同时发生在一个化学反应中，认为高炉炼铁仅仅是还原反应。此外，大部分学生可以准确标出常见元素的价态，但对于常见原子团的书写以及原子团中元素化合价的标注存在困难，需要在课堂教学中加以强化。

2.2　教学目标

结合课标分析和学情分析，确定本节课的教学目标如下：

（1）通过萤火虫发光、氢燃料电池等了解自然环境和人类社会中广泛存在的氧化还原反应，初步形成用化学眼光看世界的观念，认同化学学科的社会价值。

（2）通过实验探究氧化还原反应的电子转移及其方向，能根据实验现象从原子结构角度模拟电子的得失和共用电子对偏移，深刻认识氧化还原反应的本质。

（3）通过分析典型反应及试剂命名规律，能从化合价变化和电子转移两个角度定义基本概念，归纳氧化还原反应的概念模型，并据此分析给定的氧化还原反应。

2.3　教学过程

2.3.1　构建核心概念宏微模型（模型 1）

教学以发光为情境主线导入，围绕氢燃料电池和

中国知网　https://www.cnki.net

伏打电堆两个典型反应，通过实验探究认识氧化还原反应的微观本质，利用电流表指针偏转方向判断电子的转移方向，从原子结构角度学习电子转移的两种情况，并基于应用需求寻找氧化还原反应的宏观判据，构建氧化还原反应宏微关系模型。具体教学过程如表1所示。

表1　建构模型1的教学过程

概念发展	教师活动	学生活动
氧化还原反应广泛存在于自然环境和人类社会。	(1) 视频展示萤火虫一闪一闪发光，好像地上的星星在呼吸； (2) 提出问题：除利用自然的力量外，如何实现人工发光？	(1) 联系呼吸节律思考萤火虫发光忽明忽暗的原因（氧气浓度变化）； (2) 列举常见的发光方法如燃烧、油灯、电灯。
氧化还原反应不一定有氧气参与。	(1) 提出问题：木炭燃烧和油灯发光都需要氧气参与，能否也利用氧气点亮电灯？教师展示金华市首条氢能源公交专线55路公交专线，演示氢燃料电池仿真实验（图略）； (2) 提出问题：①氢燃料电池涉及的化学反应是什么？②一定要有氧气参与的反应才能使灯泡发光吗？ (3) 展示伏打电堆的历史与结构，将浸透盐水的湿纸换成浸透稀盐酸的湿纸开展实验（见图3）； (4) 提出问题：伏打电堆涉及的化学反应是什么？	(1) 观看氢燃料电池仿真实验； (2) 思考氢燃料电池发生的反应； (3) 了解伏打电堆，动手实验搭建伏打电堆； (4) 根据金属活动性顺序推测伏打电堆发生的反应。
氧化还原反应的实质是电子转移，电子转移可分为电子得失和共用电子对偏移两种情况。	(1) 提出问题：①氢燃料电池和伏打电堆都可以点亮灯泡，这两个反应有什么共同点？②如何设计实验探究伏打电堆中电子的移动方向（图3）？③如何从微观结构角度解释伏打电堆中的电子转移过程？ (2) 提出问题：氢燃料电池中电子如何移动？教师在仿真实验平台上演示氢燃料电池中连接方式对电流表指针偏转方向的影响（图略）； (3) 提出问题：如何从微观结构角度解释氢燃料电池中的电子转移过程？	(1) 说出电流的实质，引入电流表对照干电池探究伏打电堆中电子转移方向，利用锌原子和氢离子的原子结构卡片模拟伏打电堆中电子得失的过程； (2) 观看仿真实验找到氢燃料电池中电子转移的方向； (3) 在教师引导下，根据纯水导电性很弱的证据，利用氢原子和氧原子的原子结构卡片模拟氢燃料电池中电子对偏移的过程。
氧化还原反应的宏观判据是化合价变化。	提出问题：①如何快速判断某一反应是否为氧化还原反应？②化合价变化和电子转移之间有何关系？	判断一些常见反应的化合价变化情况，书写常见原子团并标注化合价，说出化合价变化和电子转移的关系。

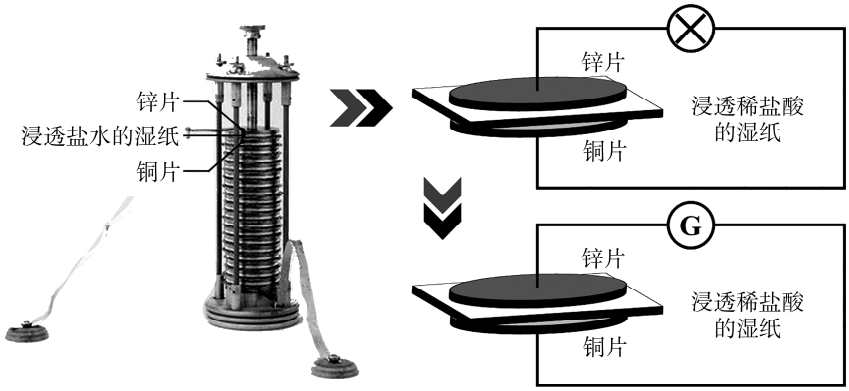

图3　学生搭建伏打电堆并引入电流表探究电子转移方向的实验

设计意图：(1)了解生活中常见的氧化还原反应，提升学生对化学价值的认识水平；(2)通过仿真实验和学生实验验证有氧气参与和无氧气参与的反应均能使灯泡发光，亟待新理论来解释这类反应并指导实践；(3)从电流本质思考这类反应的共性，利用干电池和电流表设计实验探究电子转移方向，利用原子结构卡片模拟电子转移过程，提高学生对氧化还原反应微观本质的认识；(4)从实用价值角度寻找氧化还原反应的宏观判据并验证，促使学生对氧化还原反应概念的认识进阶。

2.3.2　构建基本概念关系模型（模型2）

教学先从得失氧判断$2H_2+O_2 \xlongequal{} 2H_2O$中发生的

中国知网　https://www.cnki.net

氧化反应和被氧化的反应物，由学生自己从微观的电子转移和宏观的化合价判据两个角度构建基本概念的定义，再类比催化剂等试剂命名规律分析其中的氧化剂，并在 $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$ 中巩固和诊断对以上概念的掌握情况，抓住微观电子转移和宏观化合价判据两条线索构建氧化还原反应的基本概念模型。教学过程如表 2 所示。

表 2　建构模型 2 的教学过程

概念发展	教师活动	学生活动
氧化还原反应得失电子守恒、化合价升降守恒。	提出问题：① 得电子和失电子之间有什么定量关系？② 化合价升高和化合价降低之间有什么定量关系？	根据电流回路得出得失电子总数相等，进而得出化合价升降相等。
氧化还原反应中化合价升高（失电子/电子对偏离）的反应物发生氧化反应，被氧化；化合价降低（得电子/电子对偏向）的反应物发生还原反应，被还原。	（1）提出问题：① $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ 中被氧化和被还原的反应物分别是什么？② 发生氧化反应和还原反应的反应物分别是什么？ （2）提出问题：发生氧化反应（被氧化）的反应物化合价如何变化，电子转移方向如何？发生还原反应（被还原）的反应物呢？ （3）提出问题：$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$ 中被氧化/还原、发生氧化/还原反应的反应物分别是什么？	（1）依据得失氧判断被氧化/还原、发生氧化/还原反应的反应物； （2）从电子转移和化合价变化角度给被氧化/还原、发生氧化/还原反应下定义； （3）依据上述定义判断伏打电堆反应中被氧化/还原、发生氧化/还原反应的反应物。
氧化还原反应中还原剂失电子（电子对偏离）、化合价升高得到氧化产物；氧化剂得电子（电子对偏向）、化合价降低得到还原产物。	（1）“被氧化的反应物”或者“发生氧化反应的反应物”的描述过于复杂，为方便交流，使用氧化剂和还原剂来描述，提出问题：① 被氧化的反应物是氧化剂还是还原剂？② $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ 中氧化剂和还原剂分别是什么？ （2）提出问题：① 氧化剂、还原剂和化合价变化、电子转移之间有何关系？② $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$ 中氧化剂、还原剂分别是什么？ （3）提出问题：$2H_2 + O_2 = 2H_2O$ 和 $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$ 中氧化产物和还原产物分别是什么？ （4）提出问题：如何构建氧化还原反应的基本概念模型？	（1）类比催化剂、干燥剂等的试剂命名规律（催化、干燥其他物质），得出氧化剂的作用是氧化其他物质，判断氢燃料电池反应中的氧化剂和还原剂； （2）从电子转移和化合价变化的角度给氧化剂、还原剂下定义，并依据定义判断伏特电堆反应中的氧化剂和还原剂； （3）根据教师的描述判断氧化产物和还原产物； （4）利用基本概念卡片构建关系模型。
氧化还原反应提供给我们认识世界的新角度。	展示染发剂中用于打开头发毛鳞片的氧化剂、国产新能源汽车比亚迪的车载磷酸铁锂电池、鲁迅笔下会喷洒化学物质的甲虫。	学会从氧化还原的角度看待世界，感受广泛存在于自然环境和人类生活中的氧化还原反应。

设计意图：（1）从得失电子守恒和化合价升降守恒的角度初步体会变化与平衡；（2）从得失氧判断典例 $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ 中发生氧化反应（被氧化）的反应物，自主对上述基本概念下判断性定义，这相较于教师直接给出定义更能加深学生对概念的理解，并利用定义分析 $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$ 反应中的氧化剂、还原剂，评价学生的掌握情况；（3）通过类比催化剂等试剂命名规律判断氧化剂和还原剂，让学生利用相同方法自主定义概念后再进行巩固和评价，通过整理构建氧化还原反应的基本概念模型，培养并发展学生的知识结构化、系统化能力；（4）利用其他常见的氧化还原反应的现象及应用，拓展学生的视野。

2.4　效果检测

课后发放后测试卷并统计得分率（见图 4），学生对氧化还原反应的认识得到整体提升，对氧化还原反应的宏观判据和微观本质把握到位，能够判断熟悉物质和大部分陌生物质的化合价，并能建立起化合价变化与被还原、被氧化等相关概念之间的联系。

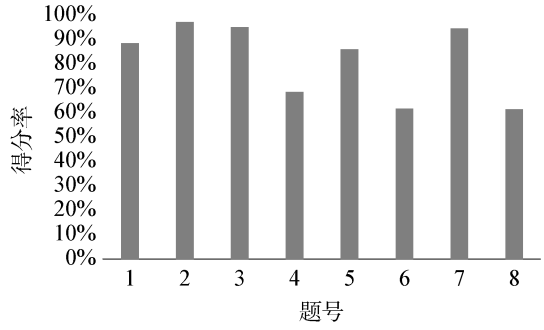

图 4　后测得分率

中国知网　https://www.cnki.net

3 教学反思

本节课基于学科理解设计了氧化还原反应这一高中化学核心概念的新课教学，其中灵活运用仿真实验和真实实验开展有深度的科学探究，以及概念建构的教学策略促进了知识层级和认识视角的结构化，进而增进了学生对化学概念的理解。

3.1 科学探究帮助本原性问题的解决

学科本原性问题探讨的是“知识是用来解决什么问题的”[8]。对氧化还原反应而言，知识是用于回答物质是如何转化的，包括怎样的物质转化是氧化还原反应以及该物质转化有何规律。明确本原性问题后，课堂需要创设系列活动来回答这些问题，科学探究活动就是其中之一。例如在回答“什么是氧化还原反应”本原性问题时，课堂借助仿真实验平台展开氢氧燃料电池的模拟实验，通过指针偏转观察氧化还原反应的电子转移及其方向，加深了学生对氧化还原反应本质的理解。值得注意的是，仿真实验不能代替真实实验在中学化学中的重要作用，例如仿真实验中的氢气和氧气直接由分立两极的气囊提供，虽然便于学生直观理解真正的反应物是氢气和氧气，但回避了真实实验中反应物的来源问题。考虑到这一点，此环节可以进行如下修改：在仿真实验中观察到指针偏转后，教师追问这一仿真实验若在课堂中进行需要解决的问题是什么？此时学生会回答需要准备的实验用品，而氧气和氢气是最难准备的，除了提前制备好氧气和氢气外，还有什么方法可以同时得到两种气体？以此引导学生回忆八上科学“水的组成”中电解水的实验；电解水可以同时得到氢气和氧气，据此展开课堂实验，先外接电源电解产生氢气和氧气，再更换电源为电流表，可以观察到指针的偏转。

3.2 概念建构促进知识层级和认识视角的结构化

选择典型实例有利于学生初步建构概念，促进知识层级和认识视角的结构化。例如课堂选取 $2H_2 + O_2 \xlongequal{} 2H_2O$，让学生联系头脑中原有的从得失氧角度定义的氧化（还原）反应，进而建构从化合价变化和电子转移角度定义的氧化（还原）反应新概念，并据此判断非典型实例中的氧化（还原）反应。对于氧化剂、还原剂，可以类比关于催化剂、干燥剂的认识，根据试剂命名规律得出被氧化的是还原剂，并在典例中得到检验，建构从化合价变化和电子转移角度定义的氧化剂和还原剂概念。学生建构概念相较于教师给出概念可以有效避免从概念到概念的机械记忆，有利于在化合价和电子两大线索下串联起系列基本概念，促进知识层级的结构化。此外，学生在不断从化合价变化和电子转移角度建构氧化还原反应基本概念的过程中，逐步强化宏观和微观的认识思路，发展了宏观辨识与微观探析的核心素养，促进了认识视角的结构化发展。

参考文献：

[1] 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，2019，39(9)：120~125.

[2] 张笑言，郑长龙. 基于学科理解的化学教学策略研究[J]. 课程·教材·教法，2023，43(12)：124~130.

[3] 胡久华，陈欣，支瑶. 不同教学处理方式对高中生化学核心概念建构的影响[J]. 中国教育学刊，2007，(7)：61~64.

[4] 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.

[5] 梁永平. 化学科学理解的基本视角及其核心观念[J]. 化学教育，2011，32(6)：4~7.

[6] 马辉. 浅谈基于学科大概念的单元整体教学设计的策略——以“原子结构元素周期律”为例[J]. 化学教学，2023，(10)：34~39.

[7][8] 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(中英文)，2022，43(13)：6~12.

中国知网 https://www.cnki.net