

基于微型化学实验探究氧化还原反应的本质

马云杰 杨冬雪 王絮 宋娟娟*

内蒙古民族大学化学与材料学院, 中国·内蒙古 通辽 028000

摘要: 针对当前高中氧化还原反应教学普遍存在重理论轻实践、常规演示实验形式固化的现实痛点, 本文以氧化还原反应发展史为依托, 将微型化学实验融入课堂教学。借助其节约药品、安全环保的优势, 弥补传统教学的短板, 将抽象的微观本质可视化, 引导学生建构完整的知识体系, 突破氧化还原反应教学重难点, 帮助学生建立宏微结合思维, 提升宏观辨识与微观探析的核心素养, 为高中氧化还原反应的教学提供实践参考。

关键词: 氧化还原反应; 微型化学实验; 高中化学; 核心素养

Exploring the Essence of Redox Reactions Using Microscale Chemical Experiments

Ma Yunjie, Yang Dongxue, Wang Xu, Song Juanjuan*

College of Chemistry and Materials, Inner Mongolia Minzu University, China Inner Mongolia Tongliao 028000

Abstract: In the current teaching of redox reactions in senior high schools, teachers generally attach too much importance to theories but ignore practical exercises, and traditional demonstration experiments are always in fixed forms. To solve these problems, this paper combines the development history of redox reactions and applies micro chemical experiments to classroom teaching. Micro chemical experiments can save experimental materials, ensure safety and cause little pollution to the environment, which makes up for the defects of traditional teaching. This method makes the abstract microscopic essence of chemical reactions intuitive and visible. It helps students build a complete knowledge framework and master the key and difficult knowledge of redox reactions. Meanwhile, it enables students to form the thinking mode of combining macro and micro analysis, and cultivates their core ability of macro recognition and micro exploration. This study can offer practical guidance for the teaching of redox reactions in senior high schools.

Keywords: Redox reaction; Micro-chemical experiment; Senior high school chemistry; Core literacy

0 引言

当前高中化学实验教学中, 传统的实验教学导致学生课堂参与度偏低, 无法理解抽象的概念, 无法构建系统性的化学思维, 不利于发展学生的科学探究与创新意识的核心素养^[1]。《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》强调, 化学实验是开展科学探究、落实化学核心素养的重要途径^[2]。化学是以实验为基础的学科, 化学实验兼具多元教学功能与深厚育人价值, 是助力学生建构化学认知、发展学科思维的关键载体^[3]。

相较于常规化学实验, 微型化学实验优势显著, 药品消耗极少, 仪器小巧便携、操作简便、耗时短、现象直观清晰、三废排放量极少、绿色环保等优势, 高度契合中学化学常态化实验教学的开展要求与绿色化学的教育理念^[4]。

氧化还原反应是高中化学必修阶段的核心概念, 知识抽象、理论性强, 贯穿整个高中化学学习体系。本文以氧化还原反应概念发展史为线索, 将微型化学实验融入课堂

教学全过程, 通过递进式探究活动, 引导学生从得氧失氧、化合价升降逐步深入到电子转移, 层层揭示氧化还原反应的本质, 帮助学生突破学习难点, 建构完整知识体系。

1 教学主题和教学现状分析

本节课选自人教版普通高中化学必修第一册第一章第三节, 是高中化学核心概念课。在初中阶段, 将金属与氧结合生成金属氧化物的过程称为金属的氧化; 将金属氧化物与焦炭、一氧化碳或氢气等物质反应, 失去氧转化为金属的过程, 称为金属氧化物的还原^[5]。在高中阶段, 将氧化还原反应定义为有元素化合价的变化, 强调“氧化与还原同时发生”的新概念, 学生不能深入理解新定义的氧化还原反应, 容易形成“只有与氧气反应才是氧化反应”的错误思维定式^[6]。传统教学偏向教师讲授, 学生参与实验探究的次数偏低, 不利于培养学生自主建构思维^[7]。

近几年, 讲“氧化还原反应”的新课不多, 有通过核心定义来促进学生形成进阶框架^[8], 有通过引导学生自主学习来学习这部分的内容, 也有通过小组合作的方法完成

对氧化还原反应本质的讨论，对于这些方法均是采用“定义先行”的线性教学模式，教师先直接呈现定义，再分析定义，导致学生参与度不高，缺乏概念生成阶段^[9]。

2 设计思路

本文通过师生互动、探究实验、交流讨论、问题链的形式将历史上形成的三个关键阶段对应的氧化还原反应概念与学生认知发展规律相结合，并且将三个微型化学实验融入到氧化还原反应教学中，以层层递进的形式揭开氧化还原反应的本质。将抽象、难以理解的概念转化为符合学生认知规律的知识，让学生更好地理解氧化还原的本质。氧化还原反应教学设计思路如图 1 所示。

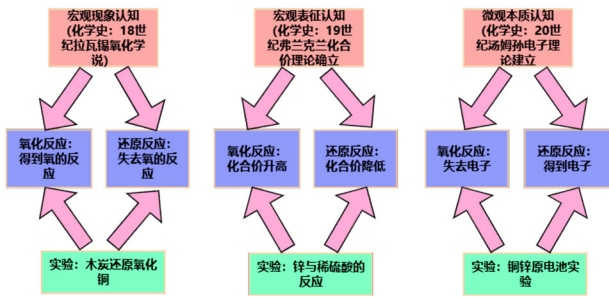


图1 氧化还原反应教学设计思路

3 教学目标

- (1) 能准确说出氧化还原反应的氧化剂、还原剂，能用双线桥法标注电子转移、化合价升降与反应类型。
- (2) 能运用氧化还原反应定义判断未知反应是否为氧化还原反应，提升知识迁移与应用能力。
- (3) 能说出氧化还原反应的宏观特征和微观本质，通过实验探究提升科学探究与创新意识的核心素养。

4 教学流程

本节课基于氧化还原反应三个发展阶段的相关知识，利用微型化学实验学习氧化还原反应的宏观现象、化合价升降的变化、微观本质，将其与学生认知发展规律结合，实现概念建构向模型认知的定向转化。设置以下四个学习任务，每个学习任务对应着相应的学习活动。氧化还原反应教学设计流程如图 2 所示。

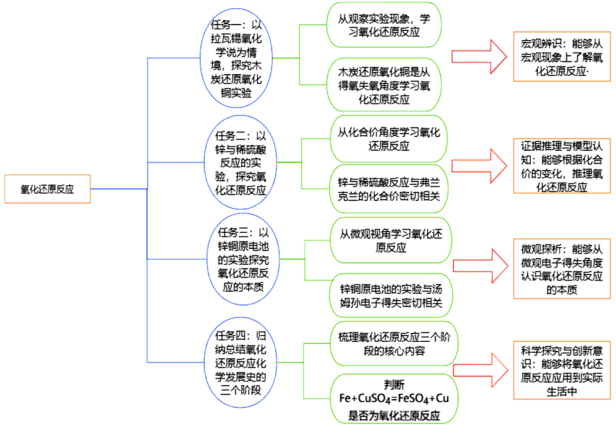


图2 氧化还原反应教学设计流程

5 教学过程设计

教师在课程开始前准备好实验器材，分发学案，学案中包含氧化还原反应的发展史。通过将微型化学实验融入到氧化还原反应教学中，设置一系列任务，引导学生通过实验建立宏—微—符三重表征，促进学生对氧化还原反应本质的理解，提高学生科学探究与创新意识的核心素养与解决问题的能力。基于微型化学实验探究氧化还原反应的本质的教学过程如表 1 所示。

表1 教学过程

教学环节	教学内容	设计意图
任务一：宏观现象，得失氧	【情境导入】同学们，18世纪末，法国科学家拉瓦锡打破了“燃素说”的错误认知，通过大量实验提出了“氧化学说”，他认为“燃烧的本质是物质与氧气的反应”，这也是人类对氧化还原反应的最初认知。 【教师提问】大家回想一下，初中课本中是如何定义氧化反应和还原反应的？ 【学生回答】氧化反应就是物质结合氧的过程；还原反应就是物质失去氧的过程。 【教师点评】说得非常好。拉瓦锡当年是通过木炭燃烧、汞与氧气反应等实验，得出了“得氧为氧化反应、失氧为还原反应”的结论。下面我们从宏观现象上学习氧化还原反应。 【教师演示实验并提问】将木炭与氧化铜粉末按一定质量比装入W型管中，点燃酒精灯进行实验，实验装置如图3所示。你们观察到了什么现象？	用化学史情境引起学生回忆初中氧化还原反应的定义，提高学生的思考能力。 利用木炭还原氧化铜的微型实验，使学生从“得氧与失氧”的宏观现象分析氧化还原反应，提高学生的实验观察能力，培养宏观辨识的核心素养。

图3 木炭还原氧化铜的实验装置图

续表1

教学环节	教学内容	设计意图
	【学生回答】W型管里的黑色粉末变红，澄清石灰水变浑浊，W型管两端的气球变鼓。 【教师提问】观察得很仔细！那大家从“得氧失氧”的角度思考，木炭和氧化铜分别发生了什么反应？ 【学生回答】木炭和氧化铜反应生成铜和二氧化碳，木炭得到氧，发生氧化反应；氧化铜失去氧，发生还原反应。 【教师点评】完全正确。这就是拉瓦锡氧化学说的核心——氧化还原反应是“得氧和失氧”。	通过学生描述实验现象，判断学生的观察能力。
任务二：符号表征，化合价升降	【过渡】19世纪，随着化学理论的深入研究，科学家们发现了“化合价”的概念，意识到很多没有氧气参与的反应，也存在“化合价的升降”。接下来，我们从符号表征上学习氧化还原反应。 【实验探究】向西林瓶中加入锌粉，然后用注射器向西林瓶中滴加盐酸溶液，将导管插入到西林瓶中，并采用向下排空气法收集氢气，实验装置如图4所示。请同学们小组讨论这个实验现象是什么？思考这个反应有氧气参与吗？请一位同学上前面做这个实验。  图4 锌与稀硫酸反应的实验装置图 【学生回答】产生了大量气泡，摸着溶液的杯壁有些烫手；这个反应没有氧气参与。 【小组回答】产生了大量气泡,这个反应没有氧气参与。 【教师点评】回答得非常好。请同学们书写锌与稀硫酸反应的化学方程式，标出反应前后各元素的化合价的变化。 【学生回答】$\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$ 锌的化合价从0变成了+2，氢离子的化合价从+1变成了0，硫和氧的化合价没变。 【教师点评】观察得非常仔细。这个反应中锌的化合价升高，作还原剂，氢离子的化合价降低，作氧化剂；物质中元素化合价升高，失去电子的物质是还原剂；物质中元素化合价降低，得到电子的物质是氧化剂。还原剂具有还原性，在反应中发生氧化反应；氧化剂具有氧化性，在反应中发生还原反应。常见的还原剂有活泼金属单质如Fe、Zn、C等；常见的氧化剂有O_2、Cl_2、KMnO_4等。 【教师提问】请大家思考，这个反应没有氧气的参与，为什么也属于氧化还原反应呢？我们从中能得出什么新的判断依据呢？ 【学生回答】因为有元素的化合价发生了变化；所以判断氧化还原反应的新依据是“化合价升降”。 【教师点评】回答的很棒！ 【练习】 已知在碱性溶液中可发生如下反应：$2\text{R}(\text{OH})_3 + 3\text{ClO}^- + 4\text{OH}^- = 2\text{RO}_4^{n-} + 3\text{Cl}^- + 5\text{H}_2\text{O}$ A.+3 B.+4 C.+5 D.+6 请同学们小组讨论，这道题的答案是什么？ 【小组1回答】我们组选D选项。 【小组2回答】我们组选A选项。 【教师点评】小组1回答正确，原因是该离子中O元素化合价为-2价，R、O元素化合价的代数和为-2，所以该离子中R元素化合价$= -2 - (-2) \times 4 = +6$，所以正确答案是D选项。 【教师总结】锌化合价升高，发生氧化反应，氢离子化合价降低，发生还原反应。这就是19世纪弗兰克兰化合价理论对氧化还原反应的完善。无论有无氧气参与，只要有元素化合价升降，就是氧化还原反应。我们再来学习一种双线桥法，它就是用两条带箭头的线段，分别从反应物中变价元素指向生成物中的对应元素，在线上标明电子得失数目、化合价升降、被氧化或被还原。 【教师提问】元素化合价发生升降的微观原因是什么？	通过锌与稀硫酸的微型实验，使学生了解没有氧气参与的反应也可以是氧化还原反应。 进行实验探究，提高学生的课堂参与度，培养学生的科学探究与创新意识。 根据学生是否能写出化学方程式以及对化合价的判断，判断学生的掌握情况。 通过练习，检测学生的学习状态，为下一步的学习做铺垫。 学习双线桥的定义，记住在氧化还原反应中标注双线桥需要注意的问题。 通过提问的方式，激发学生的求知欲，为揭示氧化还原反应的本质起到了推动作用。

续表1

教学环节	教学内容	设计意图
任务三：微观探析，电子转移	【过渡】20世纪，汤姆孙发现了电子，建立了原子结构理论，知道了化合价升降的本质是电子转移。 【教师补充】“铜锌原电池”是必修二第二章第二节的内容，在该内容中，要求同学们通过观察实验现象，简单分析转化过程，初步形成对化学能可以通过一定的装置转化为电能的认识^[10]。 【教师演示实验并提问】向点滴板中滴加稀硫酸溶液，将锌片和铜片放在点滴板中，使稀硫酸溶液刚好没过锌片和铜片，实验装置如图5所示。大家观察有什么现象？ 图5 锌铜原电池的实验装置图 【学生回答】小灯泡亮了，锌片慢慢溶解了，产生了大量气泡。 【教师提问】小灯泡变亮，说明产生了电流，而电流的形成需要电子的定向移动。这就说明，反应中一定有电子转移。大家结合原子结构，想一想电子是怎么转移的？（已知：锌原子最外层有2个电子） 【学生回答】锌原子最外层有2个电子，容易失去电子；氢原子最外层有1个电子，容易得到电子；电子应该是从锌片转移到了铜片上。 【教师点评】推理得很好。电子转移就是氧化还原反应的微观本质。请同学们写出化学方程式，并用规范的双线桥法，标注电子转移、化合价升降和反应类型。 【学生活动】 $ \begin{array}{c} \text{失去了2个电子, 化合价从0价升高到+2价} \\ \downarrow \text{氧化反应} \\ \text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow \\ \uparrow \text{还原反应} \\ \text{得到了2个电子, 化合价从+1价降低到0价} \end{array} $ 【教师总结】电子转移是氧化还原反应的微观本质，电子转移的宏观表现是化合价升降，而得氧失氧是最初的表现认知。	通过锌铜原电池的微型实验探究氧化还原反应的本质是电子转移，帮助学生建立完整的模型认知。 通过提问，使学生将之前学习的原子结构知识与氧化还原反应结合，促进知识的融合。 通过书写化学方程式，检测学生对双线桥法的掌握程度。 梳理本节课的主要内容，便于学生掌握应用。
任务四：归纳整合，模型建构	【教师提问】大家梳理一下，氧化还原反应经历了哪三个阶段？每个阶段的核心是什么？ 【学生回答】第一阶段是拉瓦锡的氧化学说，核心是得氧失氧；第二阶段是19世纪弗兰克兰的化合价理论，核心是化合价升降；第三阶段是20世纪汤姆孙的电子理论，核心是电子转移。 【教师点评】总结得非常全面。 【教师提问】为什么氧化反应和还原反应一定同时发生呢？ 【学生回答】根据能量守恒原理，电子既不能凭空产生也不能消失，有物质失去电子，就会有物质得到电子，所以氧化和还原反应必定同时发生。 【教师点评】回答的很对！ 【教师提问】大家思考生活中有哪些氧化还原反应呢？ 【学生回答】金属的冶炼、燃料的燃烧、食物的腐败、钢铁的锈蚀。 【教师补充】很好！还有电镀、易燃物的自燃都属于氧化还原反应。 【教师总结】今天我们通过化学史情境引入，通过三个微型实验加深了对氧化还原反应本质的理解，不只是掌握了知识，更体会了科学理论循序渐进的发展过程。	通过学生自己概括的氧化还原反应的三个阶段，及时发现学生对氧化还原反应知识点的掌握程度。 提问激疑，使学生明确氧化还原反应一定是同时发生的。 补充其他生活中的氧化还原反应，提升科学态度与社会责任的核心素养。
课后作业	判断 $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$ 是否为氧化还原反应，用双线桥法标注电子转移、化合价升降和反应类型。	通过课后作业巩固本节课学习的氧化还原反应。

6 总结反思

本节课通过三个微型化学实验使学生易于理解氧化还原反应的发展过程。首先,通过宏观的实验现象回想早期拉瓦锡对氧化还原反应的概念,即“得氧即氧化,失氧即还原”。其次,从弗兰克兰提出的化合价的角度认识氧化还原反应的概念,“化合价升高就是氧化反应,化合价降低就是还原反应”,氧化还原反应的判断依据就是根据化合价的升降。然后,从电子转移的角度认识氧化还原反应,得出氧化还原反应的本质是电子的转移。最后,通过知识迁移,将化学知识与日常生活联系起来。这种用实验探究氧化还原反应,使学生逐步建构概念认知体系,有助于学生提高证据推理与模型认知的核心素养。

参考文献:

[1] 杨丽君. 美育视角下化学实验教学与学生核心素养提升研究——以氧化还原反应实验为例[J]. 甘肃学校美育, 2025(11): 46-47.

[2] 中华人民共和国教育部制定. 普通高中化学课程标准(2017年版)[S]. 北京:人民教育出版社, 2018.

[3] 盖立春, 苏翠萍, 郑长龙. 化学实验教学价值的实现与教学方式的选择[J]. 化学教育, 2007(9): 46-47, 54.

[4] 马荔, 陈虹锦, 谢少艾等. 基础化学实验中常规实验与微型实验的比较[J]. 实验室研究与探索, 2004(09): 66-67+88.

[5] 王祖浩. 义务教育教科书化学九年级上册[M]. 上海:上海教育出版社, 2024.

[6] 杨希. 核心素养视角下高中化学教科书活动栏目的建构研究[D]. 华东师范大学, 2023.

[7] 王澄. 基于“历史复演法”的教学设计研究——以高一新授课“氧化还原反应”为例[J]. 化学教与学, 2025(11): 38-41.

[8] 钱珍妮. 基于发展“模型认知”的化学概念进阶学习——以“氧化还原反应”单元教学为例[J]. 化学教学, 2023(4): 44-51.

[9] 周莉. 基于“引导自学法”的氧化还原反应教学实践[J]. 中学化学教学参考, 2024(23): 32-34.

[10] 林增辉. 培养学生实验探究能力的教学实践与思考——以“铜锌原电池”为例[J]. 中学化学教学参考, 2019(17): 46-48.

基金项目: 内蒙古民族大学教育教学研究课题(No: SZ2022015); 内蒙古自治区教育科学研究“十四五”规划课题(No: NGJGH2022277)。

作者简介: 马云杰(2002-), 女, 黑龙江齐齐哈尔人, 在读硕士研究生, E-mail: 15245736296@163.com。

* 通讯作者: 宋娟娟(1978-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 主要从事化学教育研究, E-mail: songjj1978@126.com。