

基于STEAM理念的“电化学”项目式教学——自制电解池

周志豪

无锡狄邦文理学校, 中国·江苏 无锡 214000

摘要: 基于 STEAM 教育理念, 以高中化学“电解池”教学内容为核心, 设计并实施了为期五课时的“自制简易电解池”项目式学习。课程通过原理学习、结构设计、动手制作、实验探究与反思改进等环节, 引导学生跨学科整合知识, 在解决真实问题的过程中深化对电解原理的理解, 锻炼工程设计能力与科学探究能力。实践表明, 该教学模式有效促进了学生“五育”融合发展, 落实了“教学评”一致性, 为核心素养导向下的化学教学创新提供了可操作的实践案例。

关键词: STEAM 教育; 项目式学习; 电解池; 跨学科教学; 五育融合

Project-based Teaching of "Electrochemistry" Based on STEAM Concept —— Self-made Electrolytic Cell

Zhou Zhihao

Wuxi Dipont School of Arts and Science, China Jiangsu Wuxi 214000

Abstract: Based on the concept of STEAM education, taking the teaching content of "electrolytic cell" in senior high school chemistry as the core, the project-based learning of "self-made simple electrolytic cell" was designed and implemented for five hours. Through principle learning, structural design, hands-on production, experimental inquiry and reflection improvement, the course guides students to integrate knowledge across disciplines, deepen their understanding of electrolysis principle in the process of solving real problems, and exercise their engineering design ability and scientific inquiry ability. Practice shows that this teaching mode effectively promotes the integrated development of students' "five educations", implements the consistency of "teaching evaluation", and provides an operable practical case for the innovation of chemistry teaching under the guidance of core literacy.

Keywords: STEAM education; Project-based learning; Electrolytic cell; Interdisciplinary teaching; Five-education integration

0 引言

STEAM Curriculum 是一种跨学科的教育模式, 它将 Science、Technology、Engineering、Arts 和 Mathematics 整合在一起, 旨在通过多学科的融合培养学生的综合能力。STEAM 是 STEM (科学、技术、工程和数学) 教育的扩展, 增加了“艺术”(Arts) 这一维度, 强调创造力、设计思维和人文素养的重要性^[1,2]。

1 实验课程的知识分析

电解池属于《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》中选择性必修课模块1“化学反应原理”中要求的学习内容^[3]。传统的教学多侧重于原理的讲授和方程式的书写, 学生难以建立宏观现象、微观粒子与符号表征之间的有效联系。通过“自制简易电解池”项目, 可以将抽象的电解原理(如离子迁移、电极反应)转化为

可视、可触、可优化的工程实践, 完美契合课标所倡导的“重视与生产生活实际联系”的理念^[4]。此外制作简易电解池还涉及科学、工程、技术、艺术、数学等方面的基础知识, 其中科学涉及化学反应中能量的变化、书写离子方程式以及氧化还原反、电流、电压等学习知识; 技术涉及工具的使用以及材料加工; 工程涉及装置结构设计及后期优化; 艺术方面涉及装置外观设计、实验报告或小组展示中的视觉表达等; 数学方面涉及溶液调配计算。(图1)。



图1 “制作简易电解池”项目STEAM要素分析

2 实验课程设计

2.1 实验课程目标

(1) 通过电解池制作, 了解电解的基本原理, 掌握电解池的构造, 直观的观察电解产物及现象等。

(2) 探究电解质种类对电解的影响。

(3) 基于工程设计, 自主设计电解池的结构。

(4) 通过自主实验设计培养学生实验操作能力, 激发学生对化学的兴趣。

2.2 实验课程过程

制作简易电解池课程由五个课时组成: 电解反应原理学习, 设计电解池结构、制作电解池、探究不同条件下电解的产物、反思与改进电解池结构。

2.2.1 学习电解原理 (1 课时)

【教师】“我们学过原电池, 它能将化学能转化为电能。那么, 能不能反过来, 利用电能来引发或驱动一个化学反应呢?” 通过举例生活中电镀的应用引出电解概念, 并展示电镀氯化铜的视频。

【学生】观并视频记录实验现象。小组讨论: “电能带来了什么变化? 两极分别发生了什么反应?”

【教师】讲解电解定义、构成条件、电极判断方法、电极处发生的反应与电解池中粒子(电子、离子)流向

【学生讨论】聆听、思考, 在学案上完成电解氯化铜的电极反应式和总反应式。两人一组, 利用教师提供的卡片(印有“电子”“ Cu^{2+} ”“ Cl^- ”“阳极”“阴极”“氧化”“还原”等)模拟并描述粒子流向。

【归纳总结】教师出示原电池与电解池的对比表格(能量转化、电极名称、反应类型、电子流向等)。引导学生以小组为单位, 利用表格进行对比、讨论和归纳。

2.2.2 设计电解池结构 (1 课时)

【知识回顾】提问“电解池的构成条件? 阴阳极如何判断?”

【学生】回答提问, 激活旧知。

【教师】“今天, 我们将化身工程师, 为下一节课制作电解池, 画出专业的设计图。我们的设计需求有: 结构完整、选材正确、便于收集产物。教师展示几种典型的电解池结构图(H型管、U型管、烧杯式), 讲解各部分功能。本实验课将根据烧杯式作为基础进行二次设计。引导学生进行选材分析: 电极材料“阳极要耐氧化, 阴极要导电性好”, 引导学生分析石墨、铜片、铂丝等材料的适用场景。容器与导线: 分析玻璃、塑料的耐腐蚀性; 导线的导电与绝缘要求。电解质: 重申电解质是离子导体的

核心。

【任务布置】以小组为单位, 根据教师引导, 初步确定本组设计打算使用的电极和容器材料, 并说明理由。

【结构设计】教师演示并教授 CAD 软件基础功能使用, 学生根据本组设计进行草图绘画。

【成果展示】教师邀请组 1 和组 2 代表同学展示小组 CAD 设计图。两个小组从“结构合理性”“选材正确性”“创新性”三个维度进行相互评价并提出改进建议。

2.2.3 制作电解池 (1 课时)

【派发任务】“根据前两节课的准备, 我们已经了解了电解的原理并自行设计了电解设备的结构。接下来请同学们利用提供的材料制作自己的简易电解池”。实验材料见图 2。

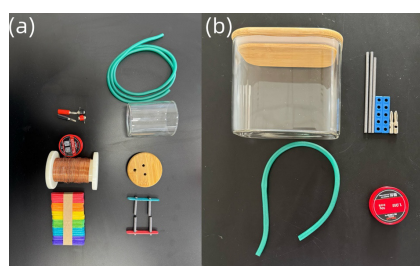


图 2 简易电解池实验材料 (a) 组 1 实验材料 (b) 组 2 实验材料

【学生制作】学生根据提供材料制作电解池。

2.2.4 探究不同条件下电解的产物及影响电解速率的因素 (1 课时)

【教师】“上节课我们设计了电解池, 接下来我们将用自己的电解设备进行电解实验。在实验前请同学们思考一下两个问题: “在之前电解氯化铜演示实验中, 如果更换电解质, 产物还会是铜和氯气吗? 在实际的电镀应用中该如何加速电镀过程呢?”

【学生】小组讨论, 对上述问题提出初步猜想, 并完成实验报告上设计具体的实验步骤和数据记录表格, 之后使用自己设计制作的电解池按照本组方案进行实验。

2.2.5 反思改进电解池结构 (1 课时)

【教师】“各位工程师, 在上次的实验中, 大家亲手使用了自己制作的电解池。在收集气体、观察现象时, 我们的第一代产品遇到了哪些挑战?”

【引导反思】将学生提出的问题归类板书, 并发布核心任务: “我们的目标是: 改进设计, 重点解决产物的区分与收集问题。我们首先需要引导确立标准: 一个成熟的电解池产品需要考虑哪些因素? 引导学生得出: 效率、安全、成本、可观测、易收集等因素。教师提供资料支持: 提供工业上电解槽结构(如隔膜电解槽)、霍夫曼电解仪图片

供学生查阅借鉴。而后提问学生如何解决产物的区分与收集问题?引导学生基于老师提供材料总结:使用“隔膜”分离产物或“双腔室”结构,并记录改进自己设计的思路。

【成果汇报】“请同学们以小组为单位汇报本组改进点、原理及预期优势”。

【学生互评】其他小组作为“产品用户”,从合理性、创新性、实用性等角度提问或给出建议。

3 实验成果与讨论

3.1 实验成果讨论

本次实验学生设计方案大致分为两种,实验材料见表1。

表1 电解池实验材料

实验材料	组1	组2
电极	石墨	石墨
导线	铜线	锡线
电源	学生电源	学生电源
集气管	橡胶软管	橡胶软管
容器	椭圆形塑料罐	方型塑料罐

组1在电解氯化钠溶液过程中,阴极处观察到大量气泡,但在阳极处并未看到预期实验现象(气泡),并且溶液从无色转变为淡蓝色,实验现象见图3。后续过程中,学生分析出原因是由于铜导线在电解过程中,电离为 Cu^{2+} 离子,从而导致实验现象和预期不符。由于此问题的发生,组1同学后续进行了组内讨论和设计反思,未进行电解硫酸铜溶液实验。

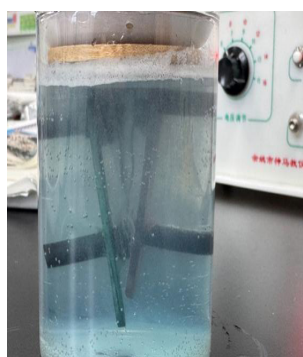


图3 组1电解氯化钠溶液

图4(a)展示了组2电解氢氧化钾溶液的实验现象,其中左侧石墨电极为阳极,右侧石墨电极为阴极。组2采用锡线作为导线材料规避了组1碰到的问题。锡元素的反应活性高于氢元素,不会对电解实验造成影响。组2电解氢氧化钾溶液中观察到,阴极附近产生大量气泡,电极反应式 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow$ 。阳极附近缓慢出现细小气泡,这些气泡逐渐聚集变大,最终形成明显气泡流溢出,电极反应式 $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ 。现象符合实验预测,这是因

为在电解氢氧化钾溶液过程中,实际上是电解水,生成氢气和氧气的化学计量比为2:1。

图4(b)和(c)展示了组2电解硫酸铜溶液的实验现象。在实验过程中,学生误将电源正负极和电解池电极柱接反,导致在这一实验中左侧石墨电极为阴极,右侧石墨电极为阳极。可以观察到,阳极处观察到少量气泡,电极反应式 $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ 。阳极处并未观察到明显现象,实验后取出电极部分观察到阴极石墨电极表面镀上一层红色的铜,电极反应式 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ 。

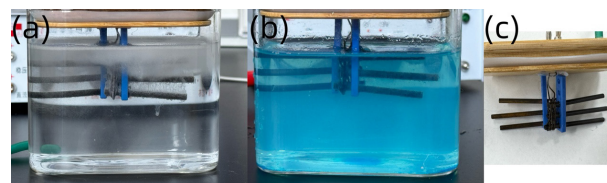


图4 组2电解实验图(a)电解氯化钠溶液(b)电解硫酸铜溶液(c)电解硫酸铜溶液后电极

4 STEAM 项目式教学反思

本次“自制简易电解池”项目式教学,不仅是将STEAM理念从理论推向实践的尝试,更是一次对学科教学融合“五育”、顺应数智时代变革的深度探索。笔者回顾整个课程的设计与实施,主要获得以下几点反思。

4.1 “五育”融合:在STEAM课程实践中达成全面发展

STEAM教育所倡导的跨学科性、实践性、创造性与协作性,使其天然成为承载与落实“五育并举”理念的载体。超越了单一智育的局限,通过项目式的学习框架,为德、智、体、美、劳的有机融合提供了实践场景。智育是核心,学生通过项目探究深刻理解了电解原理;劳育体现在电解池的亲手制作与组装,锻炼了学生的动手能力与实践精神;美育渗透于电解池的CAD结构设计与外观优化,培养了学生的工程美学与设计思维;德育蕴含在小组协作、实验诚信以及对实验失败的归因分析与改进中,塑造了学生的科学态度与合作精神;体育虽不直接,但精细的实验操作对学生的手眼协调与专注力亦是一种锻炼。这种“五育”的有机融合,超越了简单的知识传授,真正指向了学生综合素养的全面提升^[5]。

4.2 跨学科实践:在真实问题中打破学科壁垒

本课程成功打破了化学、物理、工程、艺术和数学的学科界限。学生面临的不是一个孤立的化学问题,而是一个“如何设计并制作一个能有效工作且便于观察的电解装置”的综合性工程任务。解决这一问题,需要他们综合运用多学科知识:化学知识是原理基础,物理知识关乎电路

与电压, 工程知识指导结构设计与材料选择, 数学知识用于精确计算, 艺术素养则提升了成果的表现力。这种以真实问题为锚点的学习方式, 有效地培养了学生面对复杂情境时, 综合运用知识解决实际问题的能力。

4.3 “教学评”一致性: 在课程闭环中实现素养落地

本课程初步实现了“教学评”的一致性。教学目标清晰设定为理解原理、掌握构造、探究影响和设计能力; 学习过程则通过原理学习、CAD设计、动手制作、实验探究、反思改进等一系列任务来承载目标; 评价方式则紧密跟进, 融合了过程性评价(与终结性评价, 尤其通过学生互评与自我反思, 促进了元认知能力的培养。整个课程形成了一个“目标-活动-评价”的闭环, 确保了核心素养在教学过程中的有效落地。

4.4 教师角色转型: 在课程引导中提升数字素养与专业能力

本课程对教师角色提出了新的挑战与机遇, 这也正符合新课程中提到的教师应该是教育教学的研究者, 学生学习和发展的促进者, 课程的建设者和开发者。特别是在引导学生使用CAD软件进行结构设计时, 不仅提升了学生

的技术应用能力, 也对教师的数字素养提出了更高要求, 呼应了数智时代教学方式的变革。同时, 指导学生进行项目式学习, 本身就是一个教学相长的过程, 极大地促进了教师的课程开发能力与跨学科教学能力, 为弘扬“教育家精神”、推动教师专业发展提供了实践路径。

参考文献:

[1] 蒋茜. STEAM教育理念融入初中化学教学的实践研究[D]. 四川师范大学, 2024.

[2] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2020.

[3] 姚远远, 陈凯. 基于生活情境和微粒观实验表征的“电解池”教学*[J]. 化学教学, 2013(02):22-25.

[4] 李政涛, 文娟. “五育融合”与新时代“教育新体系”的构建[J]. 中国电化教育, 2020(03):7-16.

[5] 任学宝. 跨学科主题教学的内涵、困境与突破[J]. 课程·教材·教法, 2022,42(04):59-64+72.

作者简介: 周志豪(1995-), 男, 汉族, 新疆省克拉玛依市人, 中小学二级教师, 硕士, 主要研究方向: 初中化学教学、年级管理与德育实践。