

# 基于数字化实验的初中化学酸碱中和反应教学研究

杨湘荣

广西容县松山中学

**摘要:** 本文以初中化学酸碱中和反应教学为研究对象, 结合数字化实验技术, 探讨其在教学中的应用效果及优化策略。通过设计符合初中生认知特点的数字化实验方案, 对比传统实验与数字化实验的教学效果, 分析学生在学习兴趣和知识掌握上的差异, 最终提出针对性的教学策略。研究表明, 数字化实验能够有效提升学生的实验参与度、理解能力和科学探究意识, 为初中化学教学改革提供实践参考。

**关键词:** 数字化实验; 酸碱中和反应; 初中化学; 教学策略; 科学探究

**【DOI】** 10.12252/j.issn.2096-627X.2025.04.131

## 引言

酸碱中和反应是初中化学的核心内容之一, 其教学效果直接影响学生对化学反应本质的理解。传统实验教学常受限于器材安全性、操作复杂性及现象可视性不足等问题, 难以满足学生的深度学习需求。初中实验室常因 pH 试纸显色模糊、温度变化难以实时记录等问题, 导致学生无法直观理解反应进程。近年来, 数字化实验凭借其高精度数据采集、动态可视化呈现和交互性强的特点, 逐渐成为化学教学改革的方向。本研究旨在探索数字化实验在初中化学酸碱中和反应教学中的应用路径, 为优化实验教学模式提供理论支持与实践案例。

## 一、基础理论

### (一) 酸碱中和反应的基本概念

酸碱中和反应是酸与碱在特定比例下发生的特征性相互作用, 其宏观表现为生成盐和水, 并伴随热量变化。该反应广泛存在于日常生活与生产实践中, 例如胃酸与小苏打的药用中和可缓解胃部不适, 农业中通过熟石灰改良酸性土壤, 以及工业上利用碱性物质处理酸性废水等场景, 均体现出其重要的应用价值。在课堂教学中, 酚酞试液的褪色现象可作为反应终点的直观指示, 温度变化与 pH 值的动态迁移则为探究反应进程提供了多维度观测窗口。传统实验虽能呈现宏观现象, 但受限于瞬时性与微观不可视性, 而数字化技术的介入则突破了这一局限——高精度传感器可实时捕捉反应体系的能量与酸碱度演变, 通过动态数据曲线直观展示中和反应的进程, 有效弥合宏观现象与化学本质之间的认知鸿沟。

### (二) 数字化实验在化学教学中的应用

数字化实验作为初中化学教学的技术革新手段, 通过集成 pH 传感器、温度传感器等精密仪器, 实现对实验现象的实时动态监测。在金属与酸反应的探究中, 气压传感器可同步呈现氢气生成速率对应的曲线波动, 导电率传感

器则能追踪中和反应中离子浓度的动态演变。相较于传统实验的静态记录, 动态数据图表将抽象概念具象化: 酸碱滴定曲线的陡峭突变区直观呈现反应终点的突变特征, 气压-时间曲线的斜率差异可量化表征金属活动性强弱。针对危险性实验或复杂操作, 虚拟实验平台通过三维建模与交互设计, 安全模拟浓硫酸稀释的热量释放过程, 并通过电解水实验的数字化模拟动态展示氢氧气体积比(2:1), 突破实体实验的时空限制。这种数据驱动的情境化学习模式, 既通过可视化技术揭示化学变化的本质规律, 又借助精准测量与仿真操作构建科学探究的思维范式, 为化学核心素养的培育提供技术支撑。

### (三) 数字化实验对中学生学习的影响

数字化实验通过数据可视化与动态监测功能, 显著提升中学生对化学原理的具象化认知。温度传感器可将物质溶解过程的微观热效应转化为可量化的曲线波动, 例如硝酸铵溶解吸热现象通过温差数据的动态迁移得以直观呈现。在中和反应探究中, 导电率传感器的实时追踪功能完整记录离子浓度的梯度变化, 使氢离子与氢氧根离子的结合过程突破方程式符号的抽象局限。针对金属活动性顺序的实验探究, 多通道数据采集系统同步生成镁、锌、铁与酸反应的气体体积-时间曲线, 其动态轨迹对比如同可视化“活跃度排行榜”, 既深化对金属活动性强弱的理解, 又强化控制变量法的实践应用能力。

虚拟实验平台通过浓度配比模拟与现象回放功能, 为学生提供安全试错的沉浸式学习环境, 其交互设计可降低化学符号的认知门槛, 促使学习焦虑转化为探索动力。实验数据曲线的拐点讨论、多模态学习成果的协作分析等现象, 印证了数字化技术对科学思维的激发作用——通过将微观机理转化为可操作、可迭代的探究任务, 为不同认知水平的学生搭建起梯度化理解支架, 实现从被动观察向主动建构的思维跃迁。

## 二、数字化实验设计与开发

### （一）设计符合初中生认知特点的数字化实验方案

在初中化学课堂的数字化实验设计中，“校园湖泊生态修复”项目成为激发学生探究兴趣的典型案列。教师引导学生使用 pH 传感器监测模拟酸性废水（稀硫酸溶液）与氢氧化钙悬浊液的中和过程，当学生逐滴加入石灰水时，投影屏上的动态曲线清晰显示 pH 值从 2.5 逐渐攀升至 7.0，此时有学生敏锐发现曲线斜率突变点与溶液浑浊度骤增同步发生。教师随即调出三维粒子动画，展示氢离子与氢氧根离子结合生成水分子、硫酸钙沉淀逐渐形成的微观过程，将“中和反应生成盐和水”的方程式转化为可视化的动态模型。

某校开展的“智慧农场”虚拟实验项目则更具实践性。学生通过平板电脑进入酸性土壤改良仿真系统，拖动熟石灰粉末图标调节添加量，屏幕中的虚拟 pH 传感器实时显示土壤酸碱度从 5.2 向 6.8 转变，同步呈现的玉米幼苗生长动画中，根系逐渐由蜷缩状态舒展。当有学生尝试过量添加石灰时，系统自动弹出钙离子浓度超标警告，并模拟叶片黄化现象，促使学生主动查阅教材中“适度改良”的理论依据。这种虚实结合的设计，使抽象的“中和反应应用”转化为可试错的沉浸式体验，学生在课后实践中成功将知识迁移至班级绿植区的土壤检测活动，利用数字化 pH 计优化多肉植物的栽培基质配比。

### （二）开发针对酸碱中和反应的数字化实验软件

基于初中生认知发展规律与化学学科特性，酸碱中和反应数字化实验软件可依托 Python 架构开发交互式虚拟实验平台。该平台集成动态数据可视化与智能反馈功能：当调节盐酸与氢氧化钠溶液的浓度梯度时，系统实时生成 pH 值动态迁移曲线，并嵌入气泡式数据标注（如“酸浓度倍增使中和速率提升 50%”），同步触发紫色石蕊试剂的梯度颜色转变动画，将酸碱指示剂变化过程转化为可视化光谱迁移。

软件设计可融入多层级探究模块——基础实验部分保留金属活动性对比实验的变量控制逻辑，通过拖拽不同金属与酸液组合观察产气速率差异；拓展模块则开发酸雨治理虚拟仿真场景，学生通过动态调节石灰水投加量，实时监测酸性废水 pH 值修复过程，系统依据中和效率生成阶段性成就反馈机制（如酸碱度达标徽章）。此类设计将传统实验的试错成本转化为安全可控的数字交互，当虚拟氢氧化钙溶液使红色废水恢复中性透明时，中和反应方程式即转化为环境治理的具象实践。软件架构通过虚实联动的数据溯源（如反应热力学曲线与粒子

重组动画的同步映射）、游戏化激励机制与开放式变量调节功能，构建多模态学习体验，既强化传感器实验的量化分析思维，又通过模块化探究路径促进科学认知的自主建构。

### （三）通过用户体验测试不断改进实验设计

基于初中生认知发展规律与化学学科特性，酸碱中和反应数字化实验软件可依托现有教学平台（如 NOBOOK 虚拟实验室）进行模块化定制开发。该平台集成动态数据可视化与智能反馈功能：当调节盐酸与氢氧化钠溶液的浓度梯度时，系统实时生成 pH 值动态迁移曲线，并嵌入气泡式数据标注（如“酸浓度倍增使中和速率提升 50%”），同步触发紫色石蕊试剂的梯度颜色转变动画，将酸碱指示剂变化过程转化为可视化光谱迁移。

软件设计融入多层级探究模块——基础实验部分保留金属活动性对比实验的变量控制逻辑，学生通过拖拽不同金属与酸液组合观察产气速率差异；拓展模块则开发酸雨治理虚拟仿真场景，学生通过动态调节石灰水投加量，实时监测酸性废水 pH 值修复过程，系统依据中和效率生成阶段性成就反馈机制（如“酸碱度达标徽章”）。此类设计将传统实验的试错成本转化为安全可控的数字交互，当虚拟氢氧化钙溶液使红色废水恢复中性透明时，中和反应方程式即转化为环境治理的具象实践。平台通过虚实联动的数据溯源（如反应热力学曲线与粒子重组动画的同步映射）、游戏化激励机制与开放式变量调节功能，构建多模态学习体验，既强化传感器实验的量化分析思维，又通过模块化探究路径促进科学认知的自主建构。

## 三、教学效果探究

### （一）数字化实验与传统实验对比分析

数字化实验与传统实验的协同对比，构建起化学认知的双向通道。在酸碱中和反应探究中，传统实验通过酚酞试剂的淡粉色突变呈现中和终点，其现象捕捉依赖肉眼观察的瞬时判断；而数字化实验借助 pH 传感器生成动态数据流，完整记录盐酸与碱溶液从初始酸性到中性阈值的连续演变轨迹。当氢氧化钠替换为氢氧化钙时，动态曲线可精准捕捉中和点 pH 值的阶梯式跃迁（稳定于 8.0-8.5 区间），将教材中“中和产物 pH 差异”的抽象描述转化为可测量的数据证据。

金属活动性探究场景的差异更为显著：传统实验通过试管气泡生成速率估算反应活性，其定性分析易受操作误差干扰；数字化实验则依托气体压力传感器，将镁、锌、铁与酸反应的动力学过程转化为斜率分明的曲线簇，

甚至揭示铝与稀硫酸反应初期因氧化膜剥离导致的曲线陡升现象。此类微观机制的显性化表达,使金属活动性顺序表升级为包含反应阶段特征的动态模型。

两类实验范式形成互补效应——传统实验锤炼基础操作与现象观察能力,数字化工具则如同嵌入化学世界的显微镜,通过数据褶皱中隐藏的斜率变化、温度波动与离子浓度迁移,将微观粒子行为转化为可视化的认知阶梯。这种融合式探索既保留化学实验的实践精髓,又为宏观现象与微观本质的关联建构提供多维透视窗口。

(二) 数字化实验对学生学业表现与科学兴趣的影响分析

在初中化学教学中,数字化实验对学生学业表现与科学兴趣的激发作用得到了显著验证。以某市实验中学的对比教学实践为例,该校在“中和反应”单元中,传统实验班通过酚酞试液观察颜色突变,而数字化实验班则使用 pH 传感器实时追踪反应进程。阶段性测试数据显示,数字化实验班学生对“中和反应实质是  $H^+$  与  $OH^-$  结合”这一核心概念的理解正确率从 65% 跃升至 93%,较传统班提升 28%。在开放性实践题“设计含酸废水处理方案”中,83% 的数字化实验班学生提出“动态监测 pH 值并调节碱液流量”的精准调控策略,这一比例远超传统班的 47%。更有学生课后将课堂所学迁移至生活场景——利用家庭 pH 试纸配合手机传感器 APP,对果汁、食醋等常见液体的酸碱性展开自主测试,甚至通过数据对比发现不同品牌碳酸饮料的酸度差异,形成《家庭饮品酸碱度调查报告》。这些行为不仅体现了知识应用能力的发展,更展现出科学探究从课堂向真实世界的自然延伸。

这种转变在课堂观察中同样得到印证。曾对化学符号系统感到困惑的学生,在接触金属氧化还原动画、结晶过程粒子重排慢镜头等可视化工具后,开始主动建立微观与宏观的关联。例如,在分析氯化钠生成过程时,学生能结合导电率传感器的实时数据波动,准确描述溶液离子浓度随中和反应推进呈非线性变化的规律。这种高阶认知的形成,源于数字化实验中对“隐性变量”(如反应中间态粒子分布)的深度观察体验。更有学生受虚拟热力学模拟启发,尝试优化自制汽水工艺,通过调整柠檬酸与小苏打的比例,使二氧化碳释放速率与口感达到最佳平衡。此类跨场景探究行为,标志着学科核心素养正从知识掌握向科学实践共同体的生态化演进——校园中自发形成的实验数据共享社群、走廊墙壁上由学生自主设计的“化学谜题角”,都成为数字化实验催化科学思维社会化传播的生动注脚。

## 结语

### (一) 研究总结

数字化实验通过动态数据可视化(如温度曲线、导电率图谱)将抽象的化学原理转化为可观测现象,有效衔接宏观实验与微观机理。其实时反馈与分层设计显著提升教学效能:学困生借助虚拟实验梯度训练建立基础认知,优生通过高阶任务探索分子碰撞等深层规律,全体学生在虚实融合场景中发展数据驱动的科学解释能力。课堂衍生的生活化探究(雨水酸度测定、果醋酸碱分析)验证了科学素养向真实场景的迁移价值。

### (二) 未来展望

人工智能与教育技术的深度融合将为初中化学教学注入新动能。依托移动端虚拟实验 APP 的开发,学生可课后自主模拟酸碱中和反应过程、实时记录数据并生成可视化报告,打破实验的时空限制;教师则借助云平台同步学习进度,精准设计分层实验任务(如金属活动性梯度探究),推动个性化学习路径的构建。跨学科实践可聚焦生活化场景,例如通过数字化传感器追踪简易燃料电池的电流与反应物浓度关系,将电化学原理与新能源应用有机衔接。此外,智能算法可基于实验操作数据(如滴定精度)生成多维能力画像,为过程性评价提供客观依据,助力教学优化。未来课堂需平衡技术创新与学科本质——在虚拟实验中嵌入“误差分析”“安全提示”等模块,既保障科学严谨性,又以技术赋能降低学习门槛,最终构建“虚实互补、数据驱动”的教学新生态,培养兼具批判思维与实践能力的科学探索者。

## 参考文献

- [1] 邹丽丹. 初中化学课堂数字化手持技术的应用——以“酸碱中和反应”为例[J]. 黑龙江教育(教育与教学), 2024, (02): 60-61.
- [2] 余勇臣. 多重表征理论下初中化学酸碱中和反应教学实践[J]. 新课程研究, 2024, (03): 114-116.
- [3] 黄玲. 数字实验技术在初中化学教学中的运用探讨——以“酸碱中和反应”为例[J]. 科普童话, 2020, (07): 100.
- [4] 陈伟红. 数字化实验促进化学知识“可视化”学习的实践和研究——以“酸碱中和反应”为例[J]. 上海课程教学研究, 2018, (09): 23-29.
- [5] 刘庆丰. 数字实验技术在初中化学教学中的运用——以“酸碱中和反应”为例[J]. 中国教育技术装备, 2017, (15): 19-21.