

废旧饮料瓶重构“黑面包”一体化创新实验

范惠娟^{1*}, 伍代刚¹, 全汉柏¹

(¹ 桂林市第三中学, 广西 桂林 541000)

摘要: 针对传统浓硫酸与蔗糖反应实验存在的安全风险高、现象单一、脱离真实情境等问题, 本设计突破性构建了集反应发生、产物性质检验与尾气处理于一体的实验装置。该装置以生活化材料(废旧饮料瓶、注射器等)为核心, 兼具仪器易得、操作简便、现象多维可视、绿色环保等优势; 通过饮料瓶形变实现热量动态可视化, 利用阶梯离心管同步验证SO₂的酸性、还原性、氧化性及漂白性等现象, 并结合尾气吸收系统实现污染近零排放。装置支持分组实验, 城乡适配度高, 能显著提升学生的实验探究能力、证据推理素养及绿色化学意识, 为“素养为本”的化学实验教学提供创新范式。

关键词: 浓硫酸; 蔗糖; 一体化实验; 实验创新; 核心素养

DOI: <https://doi.org/10.71411/jyyjx.2025.v1i8.945>

From Waste Bottles to Innovative Pedagogy: Redesigning the "Black Sugar Bread" Experiment as an Integrated Learning Module

Fan Huijuan^{1*}, Wu Daigang¹, Quan Hanbai¹

(¹ Guilin No.3 High School, Guilin, Guangxi, 541000, China)

Abstract: This paper introduces an innovatively designed experimental setup that integrates the reaction process, product property verification, and tail gas treatment to address the shortcomings of the traditional concentrated sulfuric acid and sucrose reaction, which typically involves high safety risks, limited observable phenomena, and a lack of real-world context. Constructed primarily from common materials such as used beverage bottles and syringes, the apparatus offers significant advantages, including equipment accessibility, operational simplicity, multi-dimensional visibility of phenomena, and environmental sustainability. The dynamic visualization of heat release is achieved through the deformation of beverage bottles, while a stepped centrifuge tube is employed to concurrently verify the diverse properties of SO₂, namely its acidity, reducibility, oxidizability, and bleaching effect. Furthermore, by incorporating an efficient tail gas absorption system, the setup ensures near-zero pollutant emissions. Suitable for group experiments and demonstrating high adaptability in both urban and rural educational settings, this design significantly enhances students' competencies in experimental inquiry, evidence-based reasoning, and green chemistry awareness, thereby establishing an innovative paradigm for competency-oriented chemistry laboratory instruction.

基金项目: 广西教育科学“十四五”规划2023年度科学教育专项课题《以“素养为本”普通高中学生化学实验能力提升的实践研究》(课题编号: 2023ZJY788) 阶段性成果

作者简介: 范惠娟(1989-)女, 硕士, 中小学一级教师, 主要研究方向: 化学实验能力的提升

伍代刚(1977-), 男, 本科, 主要研究方向: 学科融合教学

全汉柏(1990-), 男, 硕士, 主要研究方向: 高中化学高效课堂

通讯作者: 范惠娟, 通讯邮箱: m13297838025@163.com

Keywords: Concentrated sulfuric acid; Sucrose; Integrated experiment; Experiment innovation; Core competencies

引言

2019年教育部《关于加强和改进中小学实验教学的意见》明确提出^[1]，需通过创新实验教学方式强化实践操作，发展学生的观察能力、实践能力及创造性思维，培育科学素养与创新精神。《普通高中化学课程标准（2017年版2020年修订）》进一步强调^[2]，应以“素养为本”开展实验探究活动，并在“常见的无机物及其应用”主题中要求通过实验探究浓硫酸的特性。然而，现行人教版（2019）^[3]与鲁教版^[4]教材仅以图片展示浓硫酸脱水性实验，以下问题有待改善：1.安全防护缺失：敞口烧杯操作，酸雾与刺激性气体SO₂直接逸散，违背绿色化学理念；2.热量感知不科学：依赖手触烧杯外壁定性判断放热，缺乏客观量化依据；3.产物探究断层：未验证气体产物性质（如SO₂的酸性、还原性等），割裂性质与现象的关联；4.资源利用低效：蔗糖与浓硫酸用量大，未体现微型化实验趋势。

基于以上分析，亟需构建一套集“反应—检验—吸收”功能的一体化实验装置，实现：1.安全零污染：密闭体系集成尾气处理，杜绝污染物扩散；2.现象多维化：同步呈现“黑面包”膨胀、热量释放、气体性质验证等核心现象；3.探究深度化：通过产物检验驱动证据推理，落实“性质预测→实验验证”的科学思维训练；4.操作微型化：显著降低试剂用量，响应节约型实验室建设。

本设计的创新定位：以一体化、可视化、绿色化为原则，将高危演示实验转化为安全可控、现象丰富、素养培育功能完备的创新教学载体，精准对接新课标对实验探究能力、创新意识素养、证据推理素养等核心能力的要求。

1 研究现状

针对浓硫酸与蔗糖反应实验的改进，现有研究主要聚焦于装置一体化与现象可视化优化，但仍存在应用局限性。刘庭秀等利用定制玻璃仪器集成反应、产物检验及尾气处理功能^[5]，实现操作简化与零污染；但定制仪器通用性低、成本高，难以在基层实验室推广。黄亚武等以广口瓶、干燥管等易得器材构建一体化装置^[6]，同步实现“黑面包”现象观察与SO₂多性质检验（五试纸法）；但干燥管中湿润滤纸条易脱落，性质检验失效，且试纸颜色变化辨识度不足。项敏等通过脉动瓶与注射器组合，定量探究浓硫酸用量对反应进程的影响，深化性质认知；但“黑面包”膨胀现象弱化^[7]，削弱实验的视觉冲击力与学生参与感。在文献研究的基础上，本文对浓硫酸与蔗糖的反应实验进行了改进：利用废旧饮料瓶与固定式阶梯离心管形成集反应、检验、吸收为一体的密封装置；通过饮料瓶透明腔体观测“黑面包”膨胀过程，借助瓶体热塑性形变感知热量变化；依托阶梯离心管同步实现SO₂四重性质检验，结合塑料吸收瓶（装有氢氧化钠溶液）实现尾气近零排放。最终形成“可拆解、可复制、可探究”的教学适配型装置。

2 实验创新

2.1 实验原理

(1) 浓硫酸的性质：

浓硫酸具有吸水性，遇水会放出大量的热。

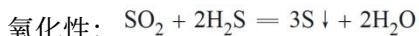
浓硫酸具有脱水性，能使蔗糖碳化。 $C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow{\text{浓H}_2\text{SO}_4} 12C + 11H_2O$

浓硫酸具有强氧化性。 $2H_2SO_4(\text{浓}) + C \xrightarrow{\Delta} CO_2 \uparrow + 2SO_2 \uparrow + 2H_2O$

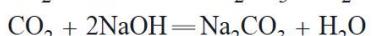
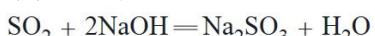
(2) 二氧化硫的检验：

二氧化硫具有漂白性，能漂白品红溶液；

还原性： $5SO_2 + 2K_2MnO_4 + H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + H_2SO_4$ ；



(3) 尾气处理



2.1.1 实验仪器、用品及药品

废旧较硬饮料瓶（塑料瓶）、10mL 注射器、2mL 离心管、连有玻璃管的橡胶塞、乳胶管、电子天平、药匙、烧杯、胶头滴管，细铁丝；98%浓硫酸、蔗糖、紫色石蕊试验、品红溶液、酸性高锰酸钾溶液、饱和硫化氢溶液、氢氧化钠溶液。

2.1.2 实验装置

实验装置见图 1。

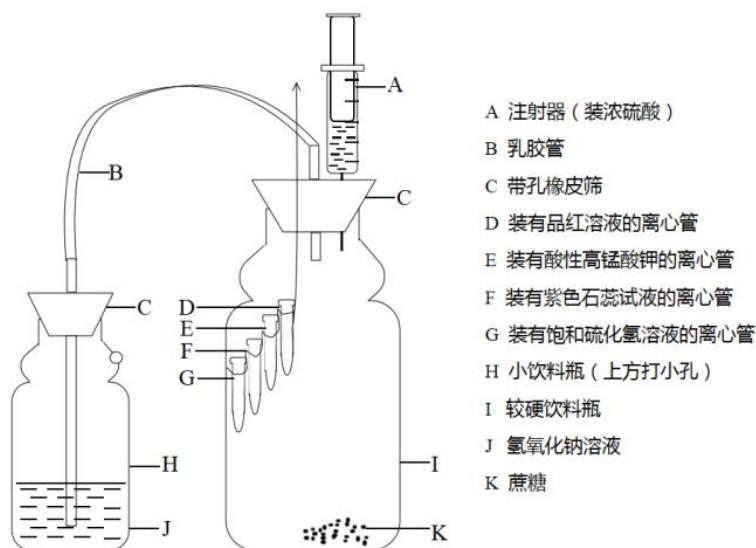


图 1 浓硫酸与蔗糖反应的一体化实验装置图

2.1.3 实验步骤

- (1) 按照实验装置图组装仪器并检验装置气密性。
- (2) 打开橡胶塞，称取 6.0 g 蔗糖放入废饮料瓶中，滴加 10 滴蒸馏水，将 4 个离心管分别装上 5 滴品红溶液、酸性高锰酸钾溶液、紫色石蕊试液、饱和硫化氢溶液，并塞紧橡胶塞。
- (3) 用注射器抽取 10 mL 浓硫酸插在针头上，推动注射器加入浓硫酸，观察实验现象。
- (4) 待实验结束且温度降至室温后，取下橡胶塞，拧上饮料瓶盖；清洗仪器，整理桌面。

2.1.4 实验现象及分析

- (1) 反应开始后蔗糖由白变黄后变黑，黑色固体体积迅速膨胀的同时产生大量白雾。此现象说明浓硫酸使蔗糖脱水成炭黑，炭黑与浓硫酸反应生成了气体。反应中加水的目的是浓硫酸吸水放热，促使脱水反应快速发生。
- (2) 废饮料瓶慢慢受热萎缩变形。说明该反应为放热反应。
- (3) 离心管中紫色石蕊试液变红、酸性高锰酸钾溶液褪色、饱和硫化氢溶液变浑浊、品红溶液褪色后又复原。前三者分别体现了二氧化硫的酸性、还原性、氧化性、漂白性，品红溶液先褪色后复原的原因是反应过程中放出大量的热，使漂白后的品红溶液受热分解又恢复到红色或浅

红色。

3 创新实验总结及评价

1. 装置普适性强。取材于生活废弃物，成本低，免清洗设计支持反应后碳黑长期储存，为后续实验（如吸附性能探究）提供可持续材料资源。

2. 装置一体化。该装置集反应发生、气体性质检验、尾气处理的一体化实验装置，操作简便且耗时短，现象显著且可重复性强。

3. 实验可操作性强。该装置具有组装简单、药品微量量化、现象明显、密闭不污染教学环境等优点，非常适合开展学生分组实验，近距离感受“黑面包”的震撼性。学生通过自主操作激发探究兴趣，同步提升动手实践与科学推理能力。

4. 素养能力提升。基于氧化还原反应原理推导产物中的二氧化碳，有助于培养学生分析问题、解决问题的能力和证据推理的能力。通过塑料瓶热收缩形变构建放热反应的宏观表征模型，培养学生模型认知的高阶思维。

参考文献：

- [1] 中华人民共和国教育部. 教育部关于加强和改进中小学实验教学的意见[EB/OL]. (2019-11-22)[2025-12-28]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A06/s3321/201911/t20191128_409958.html.
- [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] 王晶, 毕华林. 普通高中教科书: 化学(必修: 第二册)[M]. 北京: 人民教育出版社, 2023.
- [4] 王磊. 普通高中教科书: 化学(必修: 第一册)[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2020.
- [5] 刘庭秀, 曾春梅. 浓硫酸与蔗糖反应实验装置的改进[J]. 化学教学, 2024(04): 68-70.
- [6] 黄亚武, 姚亮发, 张贤金. 蔗糖与浓硫酸反应实验的一体化设计[J]. 化学教学, 2022(10): 68-70.
- [7] 项敏, 国满萍. “浓硫酸和蔗糖反应”实验的改进[J]. 中学化学, 2025(1): 28-29.