

初中园地

基于奥斯本检核表法的液化放热实验创新与项目化实践^{*}

张前军 彭光威 (南京市金陵中学仙林分校中学部 江苏 210033)
陆建隆 (南京师范大学 江苏 210023)

摘 要 针对现行初中物理教学中液化放热实验的不足,如时间过长、器材繁多、主次因素难分、安全性低等,将“奥斯本检核表”的九个问题归纳为实验创新的四个问题,引导液化放热实验装置创新,并推动液化放热实验功能的开发,实施以测量水的液化热为目标的项目化创新实践活动。

关键词 奥斯本检核表 液化放热 创新 实验

文章编号 1002-0748(2025)7-0032

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

1 目前教学的困境

液化放热是液化的重要知识点,在生产生活中有着广泛的应用。根据《义务教育物理课程标准(2022 年版)》新修订的苏科版、人教版、北师大版初中物理教材,都是直接给出“液化放出热量”的结论,沪粤版、教科版设计了如图 1 所示的实验教学活动。

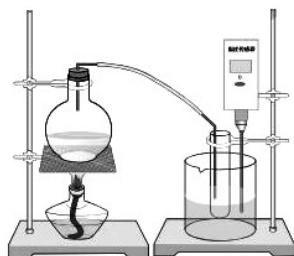


图 1 汽化、液化中的吸热和放热

图 1 所示实验存在的问题有:时间过长、器材繁多、主次因素难分^[1]。也有教师利用电磁炉(电炉)、止水夹、导管、电磁炉茶壶(量筒、锥形瓶)、数字温度计等器材设计了如图 2 所示的改进实验装置^[2, 3]。在这些改进装置中并没有解决热学实验的两大难题:一是实验器材太多且稳定性差所带来的热学实验操作安全性(烫伤)问题;二是缺乏足够的保温措施减少热传递带来的误差。以至于苏科版教师用书

中提出:关于液化放热,由于实验验证比较复杂,一般不作要求,可给合相关的生活常识(如防止水蒸气烫伤)让学生认同这一结论^[4]。

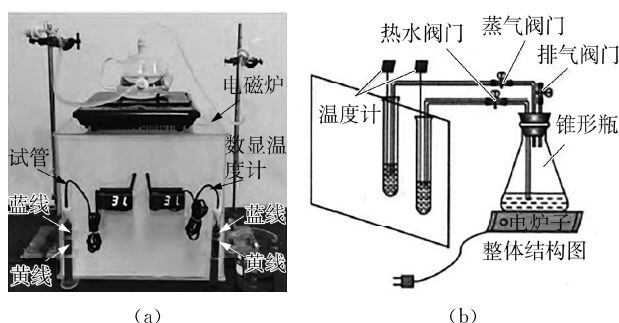


图 2 液化放热创新实验装置

2 凝练四问引导实验创新

“奥斯本检核表法”是指以美国创新技法之父亚历克斯·奥斯本命名的创设新方案的方法。该法以分项设问的形式引导设计者对照九个方面的问题逐一进行思考,从而产生新设想、新方案,大大提高了创新的成功率^[5]。笔者根据物理实验的呈现特征(表现形式),将奥斯本检核表的九个问题:能否他用、能否借用、能否改变、能否替代、能否扩大、能否缩小、能否调整、能否颠倒、能否组合,提炼为实验创新的四个问题:组件能否改变、空间能否缩放、整体

^{*} 基金项目:本文系江苏省教育科学“十四五”规划重点课题“跨界·融合·创新:初中科学教育项目群开发与应用研究”(课题编号:B-b/2024/03/34)的阶段性研究成果。

能否重组、功能能否迁移,就液化放热实验创新引导方案(见表 1)。

表 1 液化放热实验创新引导方案

实验检核项目	具体方案	解决问题
组件能否改变	用阀门、蟹钳夹代替止水夹	操作方便,远离热源防止烫伤
空间能否缩放	缩短导管	减少热量损失
整体能否重组	所有器材固定在木板支架上	减少实验操作,节约时间;整体稳定性好,操作安全
功能能否迁移	暂无	暂无

3 液化放热实验创新

3.1 实验装置

根据表 1 方案,博采众家之所长,制作了如图 3 所示液化放热实验装置。电炉上放一装水的锥形瓶,锥形瓶瓶口用一橡皮塞塞紧,橡皮塞上开三个孔,一个孔插入带有短橡胶管的玻璃管作为泄压管,另外两个孔中插入两根玻璃管,一根玻璃管下端插入水面下方,用于向左侧试管输出热水,另一根玻璃管下端在水面上方,用于向右侧试管输出水蒸气,玻璃管的上端均连接有橡皮管、阀门,分别通入装有室温水左右的两侧试管中,每个试管中均有一只数字温度计来测量水温。电炉(含底座降温盛水盘)、锥形瓶、阀门、试管、数字温度计均固定在画有刻度的木板支架上。



图 3 数显液化放热演示仪

3.2 实验过程

用注射器分别向两试管中注入等量的室温水(如 80 ml,至面板下方第二条刻度线,初温为 22℃,

以下数据为同一次实验所得),关闭左、右两个阀门。给电炉(300 W)通电约 2 分钟,加热锥形瓶内约 200 ml 的水至沸腾;用蟹钳夹夹住泄压管,打开左侧阀门让适量沸水(面板一格 10 ml)通入左侧试管中;关闭左侧阀门,打开右侧阀门让水蒸发通入右侧试管中,约 1 分钟后右侧水面和左侧水面相平,即左、右两侧试管内通入了等质量的沸水和水蒸气;关闭右侧阀门、松开蟹钳夹、关闭电源,记录充分混合后左、右两侧试管内的水温(左侧 29.5℃,右侧 67℃)。

3.3 实验分析

通入右侧试管中的水蒸气先液化为沸水,即两侧试管中有相同的沸水与相同的室温水混合,但右侧室温水升高的温度(45℃)比左侧的(7.5℃)多出 5 倍,这显然不是实验误差所造成的,右侧室温水多吸收的热量只能是水蒸气液化放热所致。

3.4 实验评价

实验装置中除电炉、阀门、蟹钳夹需要成本约 40 元外,其他器材均可从学校化学实验室获得。实验装置具有集成度高、操作简便、现象明显、过程短、效率高、低成本、易仿制等优点。为此,2024 年 10 月 25 日,在江苏省第四届初中物理实验创新展评中,本教具《数显液化放热演示仪》获得了一等奖,并被选为 17 个作品之一进行大会展示。

4 “测量水的液化热”项目化实践活动

在实验创新展评现场观摩中,南京师范大学陆建隆教授提出:现有实验装置能够证明水液化放热,能否利用实验测量出水的液化热,这样液化放热有了定量的数据支撑,结论更具有说服力,同时对实验不断改进提高水液化热的测量精度。为此,笔者设计了“测量水的液化热”项目化实践活动,根据学生所需掌握的知识基础,选择在感兴趣的初三学生中实施。

4.1 项目目标

- (1) 知道水的液化热概念和一个标准大气压下水的液化热。
- (2) 利用现有实验数据估算水的液化热。
- (3) 对实验提出改进措施,提高水液化热的测量精度。

4.2 实施过程

(1) 现有液化热的计算

学生通过自学知道一个标准大气压下水的液化热 $Q_{\text{标}} = 2.26 \times 10^6 \text{ J/kg}$,对上述实验中右侧试管中的水列数据式:

$$\begin{aligned} &80\text{ g} \times 4.2 \times 10^3\text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \\ &\times (67^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}) \\ &= 10\text{ g} \times 4.2 \times 10^3\text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \\ &\times (100^\circ\text{C} - 67^\circ\text{C}) + 10\text{ g} \times Q \end{aligned}$$

解得水的液化热 $Q = 1.37 \times 10^6\text{ J/kg}$, 误差高达 39.2%。

学生对左侧试管中的水列数据式:

$$\begin{aligned} Q_{\text{吸}} &= 80\text{ g} \times 4.2 \times 10^3\text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \\ &\times (29.5^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}) = 2520\text{ J} \\ Q_{\text{放}} &= 10\text{ g} \times 4.2 \times 10^3\text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \\ &\times (100^\circ\text{C} - 29.5^\circ\text{C}) = 2961\text{ J} \end{aligned}$$

$Q_{\text{吸}} \neq Q_{\text{放}}$ 。由此算出试管中水的吸热效率 $\eta = 85.1\%$, 修正右侧试管中计算, 可得水的液化热 $Q = 1.638 \times 10^6\text{ J/kg}$, 修正后误差为 27.5%。

(2) 方案改进

学生知道造成测量误差大的原因是热传递造成的热量损失, 利用“奥斯本检核表法”凝炼的四个问题引导实验创新, 学生提出的具体方案不断优化更新(见表 2)。

表 2 减少热损失实验创新更新方案

序号	实验检核项目	具体方案	解决问题
方案 1	组件能否改变	① 试管上包上保温袋的铝箔纸; ② 导管上套上保温管; ③ 用塑料阀门替换金属阀门; ④ 用塑料量筒替换玻璃试管	减少热量损失; 减少测量过程
方案 2	整体能否重组	去掉蒸气导管, 保留沸水导管, 关闭泄压管, 先让沸水流过导管进行预热; 向左侧量筒通入适量沸水, 然后排出锥形瓶中导管口上方多余沸水, 再向右侧量筒通入等质量水蒸气	减少热量损失
方案 3	整体能否重组	① 用保温杯加大初始室温水量, 降低混合水温度; ② 用电子秤测水的质量	减少热量损失; 减小测量误差
方案 4	整体能否重组	只向 1 个保温杯内水中通入水蒸气	操作简便; 成本更低

(3) 再测水的液化热

根据表 2 方案, 师生共同制成了如图 4 所示的测量水液化热的装置。当锥形瓶中的水沸腾后, 先

让排气管排出一段时间的蒸气, 直至管内不出现液化水后再插入保温杯内的水中。某次实验测得保温杯中冷水质量 398 g、初温 15.6℃, 通入保温杯中水蒸气质量 11.5 g, 混合后水温 31.9℃, 可列数据式:

$$\begin{aligned} &398\text{ g} \times 4.2 \times 10^3\text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \times \\ &(31.9^\circ\text{C} - 15.6^\circ\text{C}) \\ &= 11.5\text{ g} \times 4.2 \times 10^3\text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \\ &\times (100^\circ\text{C} - 31.9^\circ\text{C}) + 11.5\text{ g} \times Q \end{aligned}$$

解得水的液化热 $Q = 2.083 \times 10^6\text{ J/kg}$, 误差减为 7.8%。



图 4 测量水的液化热

5 教学建议

由于液化放热属于初二物理的内容, 比热容是初三物理的内容, 在初二教学阶段只能用图 3 所示装置得到液化放热的定性结论。在初三学习过比热容之后才可进行测量水的液化热实践活动, 引导学有余力的学生利用由“奥斯本检核表法”凝炼的四个问题对实验不断改进, 在享受不断成功喜悦的同时, 通过测量水的液化热让液化放热结论的得出更具有说服力。这样, 在真实的实验情景中解决实际问题, 提升了学生的物理学科核心素养。

参考文献

[1] 江耀基, “蒸发吸热液化放热”实验改进与教学[J], 中学物理, 2019(6):28—30.
[2] 林自强, 诊断性教学取向的蒸发吸热液化放热实验教学改进[J], 中学理科园地, 2023(110):84—86.
[3] 张锦标, 高传刚, 液化放热实验的改进[J], 中学物理教学参考, 2017(1—2):64—65.
[4] 苏科版物理教材编写组. 物理(八年级上册 教师教学用书)[M]. 南京:江苏凤凰科学技术出版社, 2024.
[5] 张铜洋, 朱兴泉, 借力“奥斯本检核表”谈物理习题改编的创新策略——以江苏高考物理图象题传承式改编为例[J], 物理教学, 2021(5):52—55.