

初中园地

基于创新实验培育学生科学思维

——以“液化”实验教学为例

张 辉（常州市新北区龙虎塘中学 江苏 213031）

摘 要 对比苏科版 2012 年和 2024 年两版物理教科书中的“观察水蒸气的液化”实验,针对其中存在的“白气”现象解释不充分及液化归因认知引导薄弱等局限性,通过双层结构仪器优化实验设计,引导学生经历“现象观察→认知冲突→科学论证→质疑创新→归纳结论”的阶梯式思维进阶过程,帮助学生破除生活经验误区,精准建构科学模型,强化科学推理与论证能力,实现从感性经验到理性思维的跨越,为培育学生的科学思维素养提供了实践路径。

关键词 科学思维 创新实验 水蒸气液化 双层结构仪器

文章编号 1002-0748(2025)10-0031

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

《义务教育物理课程标准(2022 年版)》首次把“实验探究”作为课程内容的一级主题呈现,凸显了实验在物理教学中的核心地位。科学思维是初中物理学科核心素养及育人价值的关键一环,它主要包括模型建构、科学推理、科学论证和质疑创新等要素^[1]。通过自制器材、改进装置等多种途径创新实验,能更好地激发学生的求知热情,严谨的实验设计也更有利于学生在科学探究的过程中形成科学观念、养成科学思维,最终实现物理学科核心素养的全面提升。

本文基于苏科版 2012 年和 2024 年物理八年级上册教材中“观察水蒸气的液化”实验的比较,发现教材实验的预设条件与学生认知基础间仍存在断层,因此设计了使用双层结构仪器优化实验的方案,并尝试利用创新实验培育学生的科学思维能力。

1 新旧教材中的“液化”实验对比与分析

通过对比 2012 年版与 2024 年版教材(见表 1),可以发现新教材采用烧水壶进行实验并辅以真实照片,在增强实验情境亲和力以及实验可见性上有所改进。

表 1 两版教材中“液化”实验设计对比

改动内容	2012 年版教材	2024 年版教材
实验装置与配图	采用酒精灯、烧瓶等实验室常用器材,配手绘插图	使用生活中更常见的烧水壶,并配有真实的烧水照片
实验现象分析	以问题引导学生观察和思考为主,未对实验现象做过多描述	在实验后的正文部分对“白气”等现象做了解释说明

续 表

改动内容	2012 年版教材	2024 年版教材
实验操作建议	在脚注部分提供降低金属盘温度的方法,以使环境温度较高时的实验现象更加明显	删除了原有脚注

两版实验设计的核心理念保持一致,均以烧水过程中壶嘴释放的“白气”为切入点,构建“液化”物理模型。通过设置倾斜的低温玻璃板,学生可直观观察水蒸气液化为水珠的过程。这一设计不仅契合学生的生活经验,还通过模拟自然界雨水的生成机制,体现了“源于生活、归于物理、服务社会”的教学理念,促进了理论与实践的深度融合。

然而,传统实验中依赖低温玻璃板观察液化现象的方式存在一定局限性,例如学生容易将“白气”误认为水蒸气。这种认知误区反映了学生在科学推理中的思维障碍,也揭示了教材实验在科学论证环节的教学逻辑仍存在思维培养的盲区。此外,新版教材中删除了脚注中的降温操作建议,在简化步骤的同时也弱化了“温度阈值”这一关键变量的控制意识。

2 优化液化实验教学,培育科学思维素养

2.1 构建问题链促进深度思考,强化科学推理能力

综合教材实验的培养盲区、学生的认知特点以及教学内容的内在逻辑,为了引导学生纠正“白气就是水蒸气”的迷思概念,提升其科学推理能力和逻辑思维水平,教学实践中可以构建如下问题链展开逻

辑推理:①情境关联:为什么水壶内的水会逐渐减少?②现象聚焦:壶嘴上方的白气是什么?③对比分析:在壶内的水面上方是否也能观察到类似的白气?④质疑反思:壶嘴上方的白气真的是水蒸气吗?

提问策略遵循“现象解构→辩证思考→归因分析”由浅入深、层层递进的科学推理路径,不仅能够触发学生认知上的冲突,激发他们的深度思考,还能有效降低思维难度,帮助学生逐步拆解复杂问题,从而系统性强化逻辑推理能力。

在此基础上,为进一步深化学生的认识,可以提出更具挑战性的问题:“为什么水蒸气在壶嘴上方会液化,而在壶内却没有液化?”“为何不同位置白气浓度有差异?”结合学生对日常生活经验的总结,引导他们从现象中提炼共性特点,思考气体液化的条件。通过这一过程,学生能够初步形成“降低温度能促进气体液化”的科学猜想,为下一步的科学论证奠定基础。

2.2 以史为鉴创新实验设计,提升科学论证能力

科学猜想要靠实证检验,而实验设计本身也是训练科学思维的载体。结合物理学史中的经典研究与现代教学实践,不仅能够弥补传统实验的不足,还为学生提供了更具启发性的探究情境。回顾气体液化的历史:18 世纪末,拉瓦锡提出温度与压力对气体液化的双重影响;19 世纪法拉第通过冰冻混合法实现气体液化,奠定降温液化方法论^[4]。近年来,有学者通过自制类似于化学冷凝管结构的内、外双层仪器,利用冷水冷却实现酒精蒸气的液化^[5]。上述历史演进表明,降温液化条件的探索始终依赖于实验装置革新。

受以上研究启发,笔者尝试借助自制教具,对水蒸气降温液化实验进行改良与优化。如图 1 所示,利用塑料透明大瓶、橡胶管和硬质塑料导管,可以设计制作一套由外层大瓶和内部独立导管组成的双层降温液化实验装置。该装置旨在通过循环冷却水降低内管温度,从而在高温水蒸气的内部制造一个低温区域,以便观察温度对水蒸气液化的影响。

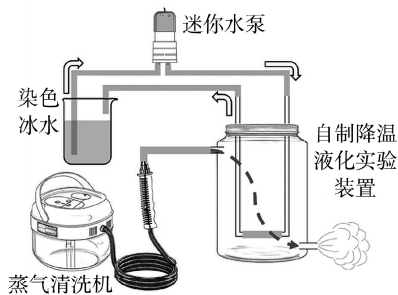


图 1 实验装置示意图

实验过程中,采用蒸气清洗机代替传统的酒精灯烧开水,能够在短时间内产生大量高温水蒸气,显著缩短实验时间。降温过程中使用的冰水染色便于区分冷却水与液化后的水滴。此外,通过迷你水泵循环冰水,能够使内管长时间维持较低温度,确保实验条件的稳定性。实验操作流程、预期现象及验证结果如表 2 所示。

表 2 实验操作流程、预期现象及验证结果

实验操作流程	实验现象预期	实验结果验证
(1) 启动蒸气清洗机,高温水蒸气经橡胶管由装置上端导管进入外瓶,再从下端导管流出(如图 1 虚线箭头所示)	因为外瓶与外界环境直接接触,温度相对较低,高温水蒸气遇到冷的外瓶后应该在其内壁上发生液化现象	水蒸气导入前后,外瓶由干净透明变成水雾密集,证明水蒸气在外瓶侧壁由气态变为液态
(2) 下端导管向外喷出大量“白气”时(此时外瓶中充满了水蒸气),关闭蒸气清洗机,同时打开迷你水泵向管内加入冰水(如图 1 空心箭头所示)	外瓶中的高温水蒸气会转至温度更低的内管表面降温液化,内管上水珠增多。外瓶已液化水滴蒸发后也应倾向于在内管表面二次液化,最终外瓶水雾减少,变透明	观察到外瓶侧壁上的水雾数量只是略有减少,并未重新变得清晰透明

质疑精神是科学探究的起点。针对表 2 步骤(2)中理论预测与实验验证结果不一致的问题,教师应把握这一科学论证的训练契机,引导学生反思现象、方法和结论,启发学生从分析装置设计或操作变量等方面展开讨论,避免盲目接受既定框架。此过程不仅训练了变量控制思维,也使学生意识到“科学结论的可修正性”,深化对实证本质的理解。

为进一步提高实验现象的可视性,可以尝试加大蒸气清洗机的功率,以提高其喷出的水蒸气温度。然而由于塑料材质大瓶材料耐热性差,高温易形变,实验效果受限。此外,蒸气清洗机产生的水蒸气温度约为 105℃,而普通橡胶管不耐高温,容易在多次实验后开裂漏气,影响实验效果。因此在材料选择上,需注意选用耐高温且厚度大的橡胶管。

同时,自制教具内管的细长结构导致水蒸气液化现象位置较为分散,增加了学生聚焦关键液化过程的难度。为解决上述问题,进一步凸显液化现象,降低学生的观察门槛,笔者尝试使用高硼硅玻璃制作的双层夹套反应瓶(见图 2)对实验进行二次优化。

与自制教具类似,双层夹套反应瓶同样具有内外双层结构,但其内胆表面积更大,水蒸气遇冷液化现象集中出现在内胆表面。这一改进



图 2 双层夹套反应瓶

有助于学生更加精准地把握观察对象,捕捉实验重点。相关实验现象如图 3 所示。

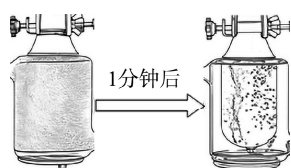


图 3 向内胆注入冰水前后的实验现象

对比实验结果可以发现,未通入冰水时,外瓶侧壁出现大量水雾;向内胆中持续注入循环冷却水后,外瓶上的水雾显著减少并趋于透明,而内胆表面仍保留大量水滴。这一动态现象直观展示了水蒸气在内胆低温区域的优先液化过程,有效增强了液化现象的辨识度与可视化效果。

2.3 鼓励批判性思维,完善科学论证逻辑

实验现象可视性的提升虽有助于发现规律,但科学论证需要以严谨的逻辑为基石。外瓶由模糊变透明的本质是存在于外瓶壁上的高温水滴蒸发所造成的,这并不能直接证明蒸发后的水蒸气到达了内胆并在其表面液化。而内胆表面水雾数量比外瓶多这一现象,也可能归因于内胆加入冰水后温度降低,从而减缓了内胆表面水滴的蒸发速度。因此仅凭上述现象,难以在降低温度与水蒸气液化之间建立严密的逻辑论证体系。

批判性思维是创新实验设计、完善论证逻辑的前提。为了更为严格地论证降低温度对气体液化的关键影响,教师应鼓励学生结合已有热学知识(如影响蒸发快慢的因素)质疑现象成因,优化实验设计,激发探索热情与实践能力,通过实验验证完善观点,规范推理过程。

为建立温度与液化间的因果关联,可以类比生物学科的科学探究,指导学生设置对照组实验。在向外瓶中通入水蒸气后,设置两组实验条件:一组向内胆中加冰水(见图 3),另一组未向内胆中加冰水(见图 4),通过对比两种条件下外瓶侧壁水滴随时间的变化情况,进一步探究温度变化对水蒸气液化过程的影响。

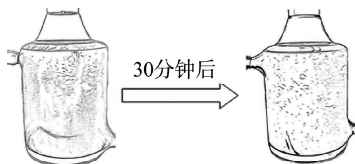


图 4 未向内胆加冰水前后的实验现象

实验结果表明,加入冰水后外瓶上的水滴蒸发速度远快于未加冰水时,这个反常现象引发了学生的认知冲突:为何降低温度反而加快了蒸发过程?

这一疑问促使学生重新审视实验现象,并深入分析背后的物理机制,由此推测外瓶上的水滴能快速蒸发不仅仅是因为水滴温度高。

进一步分析可知,外瓶中初始高密度水蒸气会通过饱和气压抑制壁面水滴蒸发。当内胆引入冰水后,低温环境促使蒸气优先在内胆表面液化,导致外瓶蒸气浓度骤减,其壁面水滴所受蒸发抑制效应减弱,从而呈现蒸发加速的表观现象。这一推论不仅揭示了温度变化对液化过程的关键作用,也为学生提供了从现象到本质的科学推理路径。

改进后的水蒸气降温液化实验具有现象明显、操作简便的特点,有助于学生将气体液化与降低温度之间建立明确的关联。相较于自制教具,双层夹套反应瓶装置体积小巧,便于携带与组装,显著提升了实验操作的灵活性和效率。同时,宽大的内胆设计进一步增强了实验现象的可视化效果,使学生能够更加直观地观察液化过程。此外,通过设置对照组实验,不仅有效验证了降低温度对水蒸气液化的促进作用,还构建了更为严密的逻辑论证体系,为学生理解降温液化原理提供了有力支持。

3 结 语

俄国生理学家巴甫洛夫提出的“观察、观察、再观察”准则在物理探究教学中具有方法论意义。初中物理教学要求学生在观察中思考、在实验中分析,实现手脑并用。特别是在核心素养导向的物理课堂中,教师需要通过迭代实验设计(如优化教具、引入对照组等)将经验总结转化为实证研究,促成学生从直觉思辨到实证分析的认知飞跃。

当学生经历“现象质疑→假设重构→实验验证→模型归纳”的科学思维培养路径时,不仅破解了“白气”和液化条件等认知误区,其科学推理能力与批判性思维能力也得以同步进阶,这为其未来的学术研究与实践创新等科学探究能力的可持续发展夯实了基础。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2022年版)[S]. 北京:北京师范大学出版社,2022.
- [2] 刘炳昇,李容. 义务教育教科书 物理(八年级上册)[M]. 南京:江苏凤凰科学技术出版社,2012.
- [3] 刘炳昇. 义务教育教科书 物理(八年级上册)[M]. 南京:江苏凤凰科学技术出版社,2024.
- [4] 曾铁. 临界点的发现者——英国物理学家 T·安德鲁斯[J]. 物理教师,2010(2):38—39.
- [5] 马利芳. 物态变化实验装置的创新设计与教学应用[J]. 物理教学探讨,2022(4):54—57.