大单元视角下的升华和凝华创新实验设计

——以“冰雪小屋”场景实验为例

申 洁[1] 李 艳[2]
(1. 苏州市振华中学校,江苏 苏州 215006; 2. 苏州市第一初级中学校,江苏 苏州 215001)

摘 要:从单元教学设计的角度审视物理实验.创设一个能体现“物态变化”主题的真实情境,建造“冰雪小屋”低温模型,以真实且富有艺术美感的场景氛围,将自然界中不同时空出现的霜、雪、雾凇等现象在这个特定的小屋里集中呈现,使学生对其形成过程达成内在本质性的认识.让形成物理观念、发展科学思维能够在课堂上有效发生,从而全面提升学生的物理学科核心素养.

关键词:大单元;创新实验设计;升华和凝华

1 设计意图

崔允漷教授指出:“指向学科核心素养的大单元设计是落实立德树人、发展素质教育、深化课程改革的必然要求,也是学科核心素养落地的关键路径.这要求教师必须提升教学设计的站位,即从关注单一的知识点、课时转变为大单元设计.只有这样,才能改变学科知识点的碎片化教学,才能真正实现教学设计与素养目标的有效对接.”[1]

物理课程标准明确了物态变化在课标中属于“物质”这一内容的一级主题,本主题的教学应尽可能与学生生活中接触到的物质联系起来,如自然界中的雾、露、霜、雪等现象,深化实验探究,让学生经历从具体到抽象、从宏观到微观、从特殊到普通的认识过程,力求以学科知识为载体,发展科学思维能力,着力培养学生的核心素养.[2]

“升华和凝华”是物态变化单元的学习内容,是“汽化和液化”“熔化和凝固”内容的拓展和延伸.常态教学中,教师一般先让学生观察“碘锤”中的物态变化,引出升华和凝华的概念,然后结合图片示例,让学生认识干冰消失是升华现象,霜、雪、雾凇的形成是凝华现象.这样的教学处理,知识形成过程中学生的学习体验性与参与性不强,科学思维的深度是不够的.

基于此,笔者尝试立足大单元视角,创设一个能体现“物态变化”主题的真实情境,通过建造的“冰雪小屋”低温模型,以真实且富有艺术美感的场景氛围,将自然界中不同时空出现的霜、雪、雾凇等现象在这个特定的小屋里集中呈现,使学生对其形成过程达成内在本质性的认识.在观察现象的同时,经历重要的科学思维过程,建构物态变化的知识结构体系,形成科学的物质观念.

2 设计过程

2.1 器材选择

自然界的霜、雪、雾凇一般出现在秋冬季节,

让学生积极地使用各种创新策略解决问题.这样将有利于补齐义务教育中的“创新”短板,让我们的学生在未来参与全球竞争时富有创新元素.为了更好地培养学生创新,教师在评价学生跨学科实践活动时,最好把评价“创新”的指标放在评价的重要位置,让每一次活动的过程都能促进学生创新的升级.

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 母小勇.“还原”物理课程的跨学科实践逻辑[J].物理教师,2022(9):2-8,14.
3 张华.“跨学科学习”:意义与策略[J].江苏教育,2020(11):23-28.
4 Gates A J, Ke Q, Varol O, et al. Nature's reach: narrow work has broad impact[EB/OL]. (2019-11-06)[2022-04-17]. https://www.nature.com/articles/d41586-019-03308-7.
5 郭华,等.跨学科主题学习是什么?怎么做?[M].北京:教育科学出版社,2023.
6 杨杰,郭晨跃,冯秀梅.跨学科实践中驱动问题的设计方法与实施策略[J].物理教师,2023,44(3):44-48.
7 谭迪熬.青少年发明创造竞赛指导[M].长沙:湖南师范大学出版社,2000.
8 陈海涛.初中物理跨学科实践的分层教学[J].物理教师,2023,44(9):20-24.

(收稿日期:2024-03-08)

中国知网 https://www.cnki.net

由于本课的授课时间是九月，江南的九月宛如盛夏，课堂教学需解决的问题是制造实验的低温环境. 而干冰在生活中已大量应用，且简单易获取，这为实验的创新设计提供了低温物质资源.

亚克力板透明度高，密度小，导热性不佳，硬度大，但易于加工，适合打造小屋整体外壳.

铝板导热性好，较之亚克力板，水蒸气更易在其表面凝华成霜，因此可用于制作小屋屋顶，模拟“下雪”场景.

珍珠棉导热性差，置于小屋侧壁夹层，可起保温作用.

数显温度计用于实时监测小屋内温度，以控制实验时间.

2.2 结构设计

用透明亚克力板，制造一个厚度为 40 cm，长和高分别为 120 cm×60 cm 的顶部开口的小屋. 再用亚克力板将小屋 3 个侧面（左、右、后）隔出 5 cm的隔层，便于放置干冰. 在隔层中垫上一层珍珠棉以达到良好的保温效果. 小屋顶部用金属铝板做深度 5 cm 的托盘作为“屋顶”，在上面放干冰，再盖上亚克力盖板. 小屋左、右两侧各开一个直径 2 cm 的小孔，用于通高温水蒸气，以橡皮塞塞紧. 将数显温度计探头固定于小屋内部，显示屏挂置于外壁上，方便显示小屋内的温度. 小屋结构如图 1 所示.

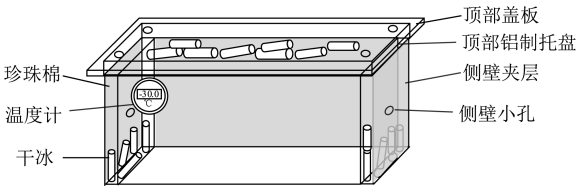

图 1 小屋结构

2.3 场景设计

实验教学情境设计的效果优化是系统性工程，不仅要考虑实验设计应达到的教学目标，完成实验教学的基本任务，更应追求超越实验设计的教育效应，如创新、审美意识的渗透与培养等. 本实验利用真实鲜花、松枝、假山石作为水蒸气凝华的载体，让形成的霜和雾凇更加灵动. 小屋内还装有 LED 灯带，强化了实验的亮化度及可视性，如图 2 所示.

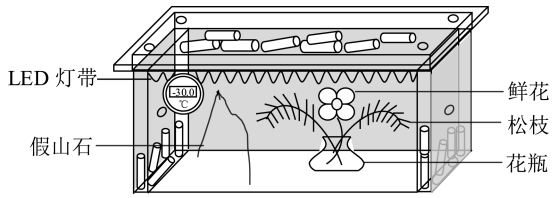

图 2 模型示意图

3 实验呈现

经过一段时间的研究和反复改进，最终打造成功“冰雪小屋”，能够在课堂中现场生成物态变化现象，重点呈现自然界的升华和凝华现象，为大单元教学创设了立体丰富的教学情境.

实验准备：课前，打开“冰雪小屋”顶部盖板，在左、右、后方 3 个隔层及顶部铝制托盘中装上干冰，盖上盖板. 让小屋内持续降温达 2 h 左右. 在此期间，用电水壶加热水，以备提供高温水蒸气.

实验展示：课中，用手推车将“冰雪小屋”推至讲台中央，让学生观察小屋内插在蓝色花瓶里的红色玫瑰花、绿色松枝及旁边立有的一块黑色假山石，如图 3 所示.



图 3 冰雪小屋

自然场景和鲜丽的色彩搭配，瞬间引起了学生的高度关注，细心的学生观察到了小屋外侧壁上结有一层霜. 教师让学生就现象展开讨论，而后设问：

① 小屋外壁的霜是如何形成的？

② 结霜的条件是什么？

③ 低温环境是如何制造且表现出来的？

基于引导，学生将注意力从鲜花、松枝、假山石聚焦到小屋左上角的温度计，发现温度计显示小屋内温度达到了－30 ℃以下. 进一步观察发现，在小屋的侧壁和顶部夹层里都放了很多干冰. 原来小屋的低温环境是利用干冰升华吸热原理形成的.

教师继续设问：

④ 小屋内温度已经比屋外低很多，为何花瓣、松枝表面没有结霜？

学生经过交流，认为应该是屋内没有结霜所需的充足水蒸气.

教师接着追问：

⑤ 在课堂现有条件下，短时间内如何让小屋内有足够多的水蒸气？

学生想到了可利用水沸腾产生大量水蒸气，将水蒸气通入小屋内，就可以满足条件.

在学生完成交流讨论后，教师打开小屋两侧塞子，用橡皮管将高温水蒸气通入小屋，待温度升到－10 ℃左右，撤去橡皮管，重新塞紧塞子. 等待一段时间，小屋内白雾渐渐散去，就看到了花瓣、松枝、假山上



图 4 生成白霜

中国知网 https://www.cnki.net

全部覆盖了厚厚的白霜，如图 4 所示，霜和雾凇特写如图 5、图 6 所示.[3]



图 5　花瓣特写



图 6　雾凇特写

在欣赏类似霜和雾凇情景时，有学生发现还有白色的雪花从屋顶缓缓飘落. 教师引导学生将目光聚焦小屋的顶部，发现长长的絮状霜花挂满了铝制托盘下方，如图 7 所示，顶部稍有震动，霜花在重力作用下自然飘落，宛若下雪，如图 8 所示.

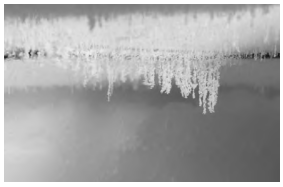

图 7　霜花



图 8　雪景模拟

教学过程中，教师结合实验现象，还可生成系列问题，如：

⑥ 通入水蒸气后，小屋内出现的白雾是如何形成的？过一会白雾为什么消失？

实验拓展：

下课后，让学生继续观察小屋内外的变化，提出相关问题进一步交流探讨，如：

⑦ 为什么花瓣上的霜会消失？

⑧ 小屋外侧壁结的厚厚的霜是怎么化成水的？

这些问题的提出，目的在于让学生感受到自然界的物态变化不是单一的，而是相互伴随着发生的. “冰雪小屋”所呈现的场景，有利于学生从大单元的视角观察实验、解释现象.

4　实验解析

笔者致力于创新实验开发和研究多年，深刻体会到创新实验设计是“创意设计＋评价反思＋完善优化”的过程. 本实验的设计和开发从雏形到成品历时 4 代，如图 9 所示. 在不断地改进和探索中，笔者对实验的理解也有了更深的认识.

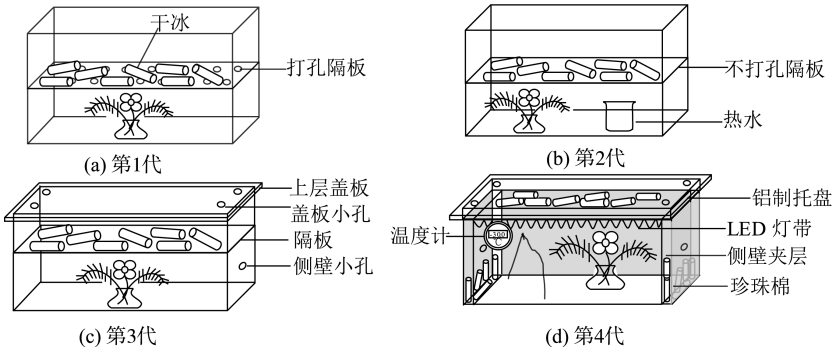

图 9　实验设计完善历程

第 1 代设计：初始想法是用亚克力板设计一个四面封闭的两层小屋，在中间的隔板上打孔，上层放置干冰，下层放鲜花和松枝，如图 9(a)所示. 利用干冰升华形成的低温 CO_2 气体，给小屋下层迅速降温，但实际效果是没有观察到鲜花和松枝上出现明显的霜.

评价：小屋下层虽充满了大量低温 CO_2 气体，但水蒸气含量很少，形成霜的条件不具备.

第 2 代改进：用不打孔的隔板将小屋分成上下两层，下层放入一杯热水，用以产生一定量的水蒸气，如图 9(b)所示. 一段时间后，下层小屋侧壁上可见一层薄霜，但花瓣和松枝表面仍没有明显的霜.

评价：花瓣和松枝表面的温度高于小屋侧壁，而一杯热水产生的水蒸气流量有限，不足以让花瓣和松枝表面形成明显观察到的霜.

第 3 代进阶：提前将鲜花和松枝放置于小屋下层，用盖板将小屋上层封闭，盖板预留小孔，以释放干冰不断升华形成的 CO_2 气体，如图 9(c)所示. 一段时间后，待鲜花和松枝充分降温，从侧壁小孔通入大量高温水蒸气，观察到花瓣和松枝表面出现了霜.

反思：实验用时过长，整个凝华过程需要 25～30 min，很难在课堂教学过程中完成.

第 4 代完善：实验现象已基本呈现，需要继续完善的是缩短实验时间和增强现象的可视性. 查阅资料后发现，要短时间迅速结霜，必须有极低的环境和大量水蒸气. 但由于在小屋内通入水蒸气后，温度会迅速上升，因此对通入的水蒸气的量需有控制. 经过反复调试和研究，最终找到通入水蒸气量与小屋内温度的平衡点，获得了相对理想的

中国知网　https://www.cnki.net

“冰雪小屋”实验效果，如图 9(d)所示.

优化：顶部换用铝板做屋顶，凝华现象更明显，在模拟自然界霜、雾凇形成的同时，可看到“下雪”，使霜、雪、雾凇的形成过程得以在同一时空中显现出来.

5 创新之处

大单元教学必须介入真实的情境. 指向核心素养的深度学习应当是基于真实情境的学习. 只有在真实情境下运用某种或多种知识完成特定的任务，才能评估关键能力、必备品格与价值观念.[4]“冰雪小屋”创新实验设计，是将大单元设计理念通过实验情境创设进行具象表达，全面提升对物态变化整章知识体系建构形成的认知水平.

首先，将物态变化的知识结构化、系统化. 引导学生通过观察“冰雪小屋”中的真实实验现象，显性地认识凝华现象——霜、雪、雾凇的形成，自主寻找并发现“冰雪小屋”中隐性的升华现象——干冰升华吸热，在课堂学习的现场生成一个关于“物态变化”的情境链和问题串，进而能够解释自然界中的物态变化不是单一存在的，是相融且同时发生的，可以从不同维度去理解物理问题.

其次，将霜、雪、雾凇的形成过程自然融通. 使不同时空出现的自然现象在“冰雪小屋”中同时展现，犹如自然界升华和凝华现象的画面浓缩，促进学生基于真实情境中的学习，深化对知识的理解，拓展学习的深度和广度，实现思维的进阶.

再次，将鲜花、松枝、假山石等富有真实美感的元素和谐融合. 在“冰雪小屋”中呈现自然界中的霜雪景观，不仅丰富了学生的视觉体验，也让学生领略到了“各美其美，美美与共”的文化意境，进一步彰显出学科育人的人文内涵与价值.

5 结语

创新实验设计不是一蹴而就的，需要教师开拓思维，立足课程标准，从单元教学设计的角度重新审视物理实验，创设真实实验情境. 深层次的意义在于关注学生物理知识建构的过程，让形成物理观念，发展科学思维能够在课堂上有效发生，从而全面提升学生的物理学科核心素养.

参考文献：

1 崔允漷. 如何开展指向学科核心素养的大单元设计[J]. 北京教育，2019(2)：11－15.
2 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.
3 李艳，申洁. 核心素养视域下的物理教学情境设计——以“升华和凝华”一课为例[J]. 物理教师，2024(1)：52－54.
4 崔允漷. 学科核心素养呼唤大单元教学设计[J]. 上海教育科研，2019(4)：1.

(收稿日期：2023－10－28)

(上接第 32 页)

2 蒋炜波，赵坚. 中考命题应如何实现对物理观念和科学态度与责任的考查[J]. 中学物理，2023，41(6)：51－55.
3 蒋炜波，赵坚. 初中物理学业水平考试命题如何承载对核心素养的考查——以科学思维和科学探究的命题为例[J]. 物理教师，2023，44(1)：44－47，50.
4 夏振洋，刘开福，王后雄，等. 基于 Rasch 模型的初中化学素养表现性试题研究[J]. 教育与装备研究，2023，39(5)：47－52.
5 Hambleton R K，Swaminathan H. Applications of Item response theory to practical testing prpblems[J]. Journal of Educational Measurement，1981(18)：178－180.
6 Choppin B. Probabilistic robabilistic models for some intelligence and attainment tests-rasch[J]. Educational Research，1981(23)：232－232.
7 沈甸，徐佳敏. 基于 Rasch 模型分析测评工具质量的研究述评[J]. 中国考试，2020(2)：65－71.
8 潘澎，胡象岭. 基于 Rasch 模型的力概念量表质量分析[J]. 物理教师，2021，42(8)：2－6.
9 Yusup M，Setiawan A，Rustaman，et al. Assessing preservice physics teachers' energy literacy：An application of rasch measurement[J]. Journal of physics：conf. series，2017(895)：012161.
10 陈康. 以 PETS 为例谈 Rasch 拟合统计量的使用[J]. 中国考试，2013(12)：14－18.
11 DeMars C E. Detecting multidimensionality due to curricular differences[J]. Journal of Educational Measurement，2003(40)：29－51.
12 Seol H. Using the bootstrap method to evaluate the critical range of misfit for polytomous rasch fit statistics[J]. Psychological Reports，2016(118)：937－956.
13 于士博，于海波. 国内科学思维研究内容的综述与思考——以物理学科视角[J]. 物理教师，2022，43(4)：2－6，9.
14 Lai M H，Hoskens M. Sample size requirements for estimation of item parameters in the Rasch model[J]. Journal of Applied Measurement. 2013，14(3)：244－255.
15 刘玉斌. 物理学科核心素养中科学探究如何实现可测可评——以 2022 年高考理科综合全国卷的部分物理实验题为例[J]. 基础教育课程，2022(Z2)：59－64.
16 李丽萍，刘健智，刘新武. 高中物理科学论证能力评价量表的研制[J]. 物理教师，2024，45(4)：2－7，12.

(收稿日期：2023－08－30)

中国知网 https://www.cnki.net