

初中园地

# 晶体熔化凝固实验的迷思破解： 十个版本教材对比与教学优化<sup>\*</sup>

樊海霞（南京师范大学附属中学树人学校 江苏 210011）

朱文军<sup>\*\*</sup>（江苏省教育科学研究院 江苏 210013）

**摘要** 针对熔化和凝固实验中晶体熔化温度不变难观测、凝固放热无感化的共性教学困境，对比了十个版本教材的方案。发现：大多采用海波/碎冰为样本，但因杂质干扰与热传递延迟，熔化温度不变的实际呈现率不足35%；各版本均未设计凝固放热的可视化实验，导致概念建构脱节。提出方案：（1）凝固放热具象化。利用醋酸钠过饱和溶液结晶瞬间升温 $>30^{\circ}\text{C}$ 的特性（实测 $52^{\circ}\text{C}$ ），将放热过程转化为触觉可感的震撼现象；（2）熔化平台精准化。结合四氟乙烷制冷剂（ $-26^{\circ}\text{C}$ ）快速降温 and 传感器实时绘图，使冰的熔化平台时长压缩至3分钟内，平台温度波动 $\leq 0.5^{\circ}\text{C}$ 。方案以现象强化破解迷思概念，以证据呼应新课标“科学探究素养”要求，提供可复制的创新范式。

**关键词** 晶体与非晶体 熔化吸热 凝固放热 温度曲线

**文章编号** 1002-0748(2026)4-0032

**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）》中对于物态变化实验的教学要求是：“1.1.3 经历物态变化的实验探究过程，知道物质的熔点、凝固点和沸点，了解物态变化过程中的吸热和放热现象。能运用物态变化的知识说明自然界和生活中的有关现象。”<sup>[1]</sup>

对比现行的十套初中教材发现，教材中都共同提出：有些固体在熔化时尽管不断被加热，温度却保持不变，有固定的熔化温度，如：冰、海波、各种金属。这类固体叫作晶体。晶体熔化时的温度叫作熔点。有些固体在熔化时，只要不断地吸热，温度就不断地上升，没有固定的熔化温度，例如石蜡、松香、玻璃，这类固体叫作非晶体<sup>[2]</sup>。

液体凝固形成晶体时也有固定的凝固温度，这个温度叫作凝固点。同一种物质的凝固点和它的熔点相同。液体凝固形成非晶体时没有固定的凝固温度<sup>[2]</sup>。

## 1 提出问题

对熔点和凝固点这两个密切相关的概念建立过程，现行义务教育各版本教材在编排本节内容时，大都采用初步猜想—经历探究—观察现象—寻找证据—多次实验的过程，最终完成熔点和凝固点两个抽

象概念建立。实际教学时，熔化和凝固实验常常会出现实验时间太长，现象不明显或实验失败的情况，实验数据处理的结果更是常常不太理想。能不能从各版本教材中找到最理想的实验手段来高效完成熔化凝固实验？带着此问题，笔者对各版本教材在研究对象选取、实验装置搭建、数据处理手段等方面的差异进行了对比研究，试图找出最优的实验方案。

## 2 教材对比

对照各版本教材，从知识点出现在教材中的位置看，熔化凝固实验主流安排在八年级上册物态变化章节，仅沪教版和沪科五四版教材因存在学段差异分别安排在七年级和九年级。从章内的排列顺序来看，熔化凝固实验通常作为物态变化的起点（熔化→凝固→其他变化），但苏科版教材先介绍的是汽化液化现象。

以下是十个版本教材对熔化凝固实验处理方式的梳理情况（人教版、教科版、北师大郭版、北师大李版、沪科粤教版、苏科版、沪科科学、沪教版科学、沪科五四版、华师大版科学）<sup>[2]~[11]</sup>。

从研究对象选取差异来看，除了教科版、苏科

<sup>\*</sup> 基金项目：南京市教育科学“十四五”规划2023年度课题“初中物理学科育人视域下的科学家精神培养的实践研究”（课题编号：L/2023/046），和江苏省中小学教学研究第十六期课题“基于教材比较研究的初中物理思维教学实践研究”阶段性研究成果。

<sup>\*\*</sup> 通讯作者：朱文军。

版、华师大版科学、沪科版科学等选择 $-5^{\circ}\text{C}$ 碎冰作为晶体熔化实验的代表,其余教材都选择了以海波(硫代硫酸钠)作为研究对象。非晶体的熔化实验,主要以石蜡、蜂蜡、松香为代表。

从实验装置的搭建角度来看,十个版本教材都采用了水浴加热的方法(见图 1),确保均匀受热。仅有的差别是,苏科版和沪科五四版采用了“温度传感器+计算机实时绘图”的方式处理数据得到温度变化图象(见图 2、图 3),其余版本都是采用人工描点绘图的方式得到温度图象。

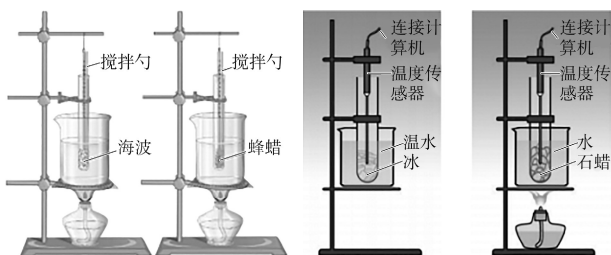


图 1 水浴加热熔化装置

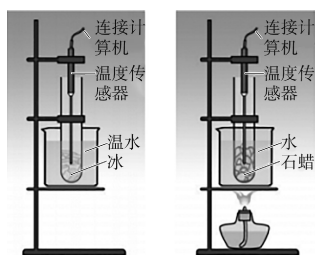


图 2 水浴加热温度传感器实时采集系统

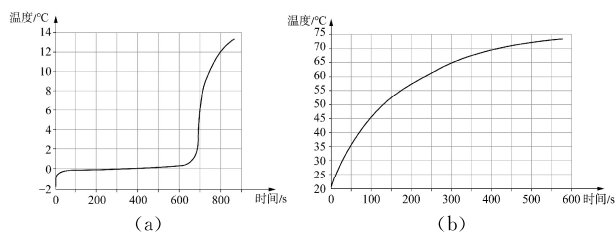


图 3 计算机根据传感器采集的数据实时绘制晶体和非晶体熔化时的温度变化图象

## 2.1 现象与理论割裂

十个版本的教材中对于熔化和凝固实验的设计同质化比较明显。非晶体的熔化实验相对是比较容易的,无论按照哪个版本教材中的石蜡、蜂蜡或者巧克力来做实验,都可以看到温度不断上升,状态从软化到黏稠直至完全变成液态的现象。但是,晶体的熔化实验,无论按照哪一版教材中的预设方案都很难得到熔化过程温度不变的现象。早在 2007 年邵生贵在《物理教师》2007 年第 10 期中撰文《关于用海波做熔化凝固实验的困惑与探讨》<sup>[12]</sup>已明确提出了用海波做实验的三大不足,并分析了具体的产生原因。如果用碎冰做晶体熔化实验,实验的成功率也不高。首先,用刨冰机将冰块打成碎冰的过程,由于有摩擦,碎冰已发生了部分熔化,用这样的碎冰完成实验,温度曲线上很难出现熔点以下的温度。大多数情况下看到的是温度不断上升的情况。而这正好与学生的前概念错误完全匹配。绝大部分学

生的生活经验和前概念都是认为冰只要吸热就会熔化,而实验现象又不能明显地观察到冰的温度达到熔点 $0^{\circ}\text{C}$ 的温度不变过程,也观察不到只有 $0^{\circ}\text{C}$ 之后才有液态水出现的过程。根据迷思概念理论,学生固有认知“吸热即升温”与晶体熔化温度不变的现象冲突。当实验无法呈现 $0^{\circ}\text{C}$ 恒温过程时,将强化错误前概念,导致认知结构失衡(邵生贵,2007)<sup>[12]</sup>。优化实验的本质是提供反例证据,促成概念转变。其次,如果用冰粒模具直接制成小冰粒来做实验,笔者多次尝试,发现冰粒的直径小到 $15\text{mm}$ 以下,实验效果才会较为理想,而这也导致实验的前期准备需要较长时间。加上水浴加热使冰熔化的整个时间较长,会占用课堂大量时间,效率较低。

按照课本实验方案,晶体熔化平台温度很难观测,导致学生将“温度不变”视为抽象概念而非实证规律。在此基础上去建立晶体的概念更难有较好的说服力。

## 2.2 过程与本质的脱节

十个版本的教材都通过实验,说明了熔化的条件是吸热,但是基本没有教材通过实验说明凝固的过程是放热的。凝固放热缺乏可视化载体,使“放热”停留于文本结论。

## 3 优化与建议

### 3.1 醋酸钠凝固放热实验

为弥补教材中没有凝固放热对应的实验和明显证据,可以采用以下实验。

材料:醋酸钠晶体( $\text{NaCH}_3\text{COO}$ )、蒸馏水、玻璃瓶、搅拌棒、热源(热水浴)。

制备过饱和溶液:

醋酸钠与水按 $1:1$ 质量比混合(如 $100\text{g}$ 醋酸钠+ $100\text{g}$ 水)。

加热至 $70^{\circ}\text{C}$ 以上溶解,冷却至室温(此时溶液澄清,处于亚稳态,见图 4)。

触发凝固:投入一小粒醋酸钠晶体(或用玻璃棒触碰液面)。

观察现象:

溶液瞬间凝固成固体,放出大量热(试管烫手,可达 $50^{\circ}\text{C}$ 以上,见图 5)。

关键证据:放热导致温度显著升高,用手触摸瓶壁可直观感知。



图 4 醋酸钠溶液

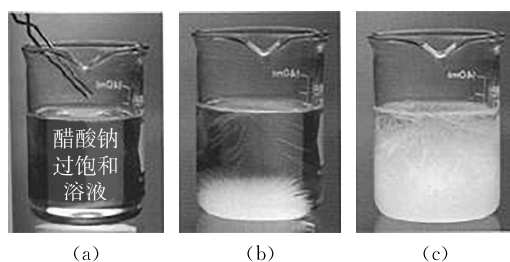


图 5 醋酸钠溶液凝固放热过程

安全提示:溶液制备需在通风橱内操作,避免醋酸钠粉尘吸入;凝固实验需佩戴隔热手套操作(温升 $>50^{\circ}\text{C}$ ),避免烫伤。

在无法找到醋酸钠溶液的情况下,也可以用市面上有售的“醋酸钠”暖宝宝来替代(见图 6),这种暖宝宝,只要用手轻轻一按,三秒钟内就会放出大量的热量,使整个暖宝宝温度变得很高。此实验可将凝固放热现象从“勉强可见”变为“震撼呈现”。



图 6 凝固放热的暖宝宝

### 3.2 车载降温剂相变实验

为探究冰的熔化过程和水的凝固过程是否有固定不变的温度,可以尝试如下方案。

材料:小试管、试管夹、水、烧杯、温度传感器、车载降温剂[四氟乙烷( $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$ )致冷剂]。

步骤:

手持试管夹,将小试管夹稳,在其中放入少量水,将温度传感器放入试管,开始采集温度,并实时绘制温度变化图象。

将试管放置在一大烧杯中,用车载降温剂对准液体部位进行降温。2 分钟左右时间,可以观察到试管中的水经历温度从下降到不变再到下降的变化过程。

待温度下降到 $-20^{\circ}\text{C}$ 停止降温。将试管转移到另一个装有 $40^{\circ}\text{C}$ 温水的烧杯中,用水浴加热。观察传感器绘制的

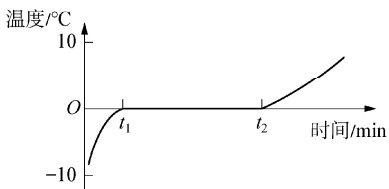


图 7 冰熔化时的温度变化图象

的图象,可明显观察到温度不断上升到 $0^{\circ}\text{C}$ ,然后保持在 $0^{\circ}\text{C}$ 一段时间,再缓慢上升的现象。该温度变化图象更接近理想的温度变化图象(见图 7)。

## 4 研究价值与教育启示

本研究通过对十个版本教材的深度对比,揭示

出熔化凝固实验的两大核心矛盾:现象与理论的割裂、过程与本质的脱节。

所提出的醋酸钠凝固放热实验与车载降温剂辅助的相变监测方案,正是直指上述矛盾的关键破局点。

用剧烈升温具象化放热体验(醋酸钠实验升温 $>30^{\circ}\text{C}$ ),破解“凝固放热无感”困境;

用梯度控温技术压缩实验时长(车载降温剂使凝固实验 $<3$ 分钟),实现课堂高效取证。

这不仅是技术层面的优化,更呼应了新课标“证据导向”的科学探究要求。

未来还可用“自热暖宝宝”(醋酸钠应用)、冷链运输(凝固控温)等打通知识迁移路径,寻求跨学科实践的学习契机。

熔点和凝固点的教学,本质上是引导学生从宏观现象去探寻物理规律。当一杯醋酸钠溶液在手中沸腾般凝固,当传感器清晰地刻画出冰的熔化曲线平台,学生所见的不仅是温度数字的停滞,更是可视化思维建立的过程。教材实验的优化之路,实则通向科学思维的启蒙之桥——在这里,现象从“勉强可见”变为“震撼呈现”,数据成为证据,现象化作语言,而每一个被成功观测的相变平台,都在学生的心中种下一颗“实证求真”的种子。这或许比任何知识点都更接近物理教育的本真。

### 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,2022:24.
- [2] 人民教育出版社,课程教材研究所. 物理 八年级 上册[M]. 北京:人民教育出版社,2024:66—67.
- [3] 吴祖仁. 物理 八年级 上册[M]. 北京:教育科学出版社,2024:37—62.
- [4] 北京师范大学. 物理 八年级 上册[M]. 北京:北京师范大学出版社,2024:15—20.
- [5] 北京教育科学研究院. 物理 八年级 全一册[M]. 北京:北京师范大学出版社,2024:15—20.
- [6] 束炳如,何润伟. 物理 八年级 上册[M]. 上海:上海科学技术出版社,广州:广东教育出版社,2024:104—108.
- [7] 廖伯琴. 物理 九年级 全一册[M]. 上海:上海科学技术出版社,2024:9—15.
- [8] 高景. (五·四学制)物理 八年级 上册[M]. 上海:上海科学技术出版社,2024:117—121.
- [9] 刘炳昇. 物理 八年级上册[M]. 南京:江苏凤凰科学技术出版社,2024:105—108.
- [10] 袁运开. 科学 七年级 下册(第 1 版)[M]. 上海:华东师范大学出版社,2012:10—12.
- [11] 赵峰,刘洁民. 科学 七年级 下册(第 1 版)[M]. 上海:上海教育出版社,2012:83—85.
- [12] 邵生贵. 关于用海波做熔化凝固实验的困惑与探讨[J]. 物理教师,2007(10):41—43.