

## 无机盐加速冰球融化的趣味科普实验

廖连燕<sup>1</sup> 于正明<sup>2</sup> 陈鸿利<sup>1</sup> 张恒强<sup>1\*</sup>

1. 河北民族师范学院, 河北 承德 067000

2. 北京市朝阳区外国语学校, 北京 100020

**[摘要]** 实验主要展示无机盐促进冰融化的现象。实验过程向冰球中加入盐类和色素, 能观察到不同盐类促进冰球加速融化, 并在冰球上自然雕琢奇异纹路; 在食用色素的扩散下色彩缤纷, 晶莹剔透, 体现出科学实验的艺术之美。实验同时探究了不同盐类对于冰球溶解速率的影响。该实验能够用于与生活现象密切相关的道路撒盐除冰原理的科普, 并能揭示盐与冰的作用的微观过程及能量变化过程, 实验中色素的添加既增强了实验的趣味性, 便于观察, 同时能比较颜色的吸热效果。根据不同学段青少年的认知水平, 及知识的螺旋式上升理论, 可设计面向幼儿至高中的探究实验方案, 帮助青少年透过日常生活现象理解物质变化的规律, 获得感官美和自然规律之美的体验, 提高实验设计能力和动手能力, 通过展示物质变化的有趣现象, 激发青少年学习物质科学的兴趣。

**[关键词]** 趣味实验; 冰球; 无机盐; 科普

DOI: 10.33142/fme.v6i5.16595

中图分类号: TB64

文献标识码: A

## Fun Science Popularization Experiment on Accelerating the Melting of Ice Hockey with Inorganic Salts

LIAO Lianyan<sup>1</sup>, YU Zhengming<sup>2</sup>, CHEN Hongli<sup>1</sup>, ZHANG Hengqiang<sup>1\*</sup>

1. Hebei Minzu Normal University, Chengde, Hebei, 067000, China

2. Beijing Chaoyang Foreign Language School, Beijing, 100020, China

**Abstract:** The experiment mainly demonstrates the phenomenon of inorganic salts promoting ice melting. Adding salts and pigments to the ice hockey during the experimental process can observe that different salts promote accelerated melting of the ice hockey and naturally carve strange patterns on the ice hockey; Under the diffusion of food coloring, it is colorful, crystal clear, and embodies the artistic beauty of scientific experiments. The experiment also investigated the effect of different salts on the dissolution rate of ice hockey. This experiment can be used to popularize the principles of road salt spraying and ice removal that are closely related to daily life phenomena, and can reveal the microscopic processes and energy changes of the interaction between salt and ice. The addition of pigments in the experiment not only enhances the fun of the experiment and facilitates observation, but also compares the heat absorption effects of colors. Based on the cognitive level of adolescents in different stages and the theory of knowledge spiral, an exploratory experimental plan can be designed for children to high school to help adolescents understand the laws of material change through daily life phenomena, gain sensory and natural beauty experiences, improve experimental design and hands-on abilities, and stimulate their interest in learning material science by showcasing interesting phenomena of material change.

**Keywords:** fun experiment; ice hockey; inorganic salts; popularization of science

正确认识科学本质, 理解科学之美是科学教育的重要方面。根据 2022 年颁布的《义务教育科学课程标准》, 科学是人类在研究自然现象、发现自然规律的基础上形成的知识系统, 以及获得这些知识系统的认识过程和在此过程中所利用的方法; 科学为人类认识和理解自然与社会提供了独特的思想方法、思维方式、精神力量和价值观念, 提高了人类社会的精神文明水平。因此科学教育不仅要展现科学的感官之美, 更可呈现科学探究的精神之美。根据青少年身心发展的特点, 通过进行一些趣味实验展示物质之美、动手之趣、物质科学对社会发展的作用等, 可促进青少年对物质科学的理解。设计严谨的趣味实验能帮助中小学生学习实验设计和实验操作能力, 丰富的实

验现象能给中小学生学习留下深刻印象, 有助于中小学生学习科学和正确认识物质变化的规律, 激发幼儿及中小学生学习科学的兴趣和热情。

根据北方冬天采用撒盐除雪的生活常识, 对一些盐类可以加快冰的融化的现象, 进行相关的趣味的探究实验设计。实验设计了在冰球上添加不同的无机盐, 采用对比实验与控制变量等科学研究方法, 对比不同无机盐加快冰融化的效果的差异。在此基础上添加食用色素, 使实验在更便于观察的同时, 也具观赏性, 同时启发学生思考并探究不同颜色的色素是否对冰的融化具有影响, 综合思考冰融化过程的化学影响与物理影响, 体现跨学科思维。最后根据盐类破坏冰中水分子的规则排列等原理, 激发学生进一步讨论无

机盐加速冰融化的机理及影响因素,为实验增加丰富的探究维度,展现实验设计的思维,展现科学思维的魅力。

## 1 实验部分

### 1.1 实验原理

以食盐为例,盐类加速冰块融化的原理介绍如下:食盐粒是晶体,由两种类型的颗粒——钠离子和氯离子结合在一起构成。当盐洒在冰球上时,离子会破坏冰中水分子的规则排列。一旦水分子被分解,冰就变成了液体。由于钠离子和氯离子附着在水分子上,所以水分子不能结合在一起,除非温度再次变得非常低,即降低了水的冰点,如下图 1 所示。

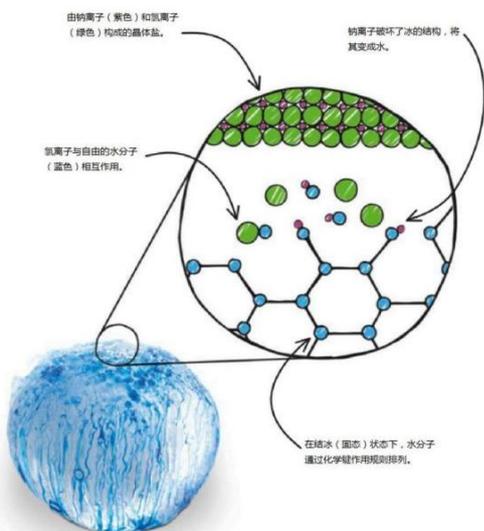


图 1 NaCl 加快冰球融化的微观示意图

该过程也可以用热力学的理论加以解释:在水的正常凝固点,水和固态冰的化学势相等。因而表现为一种动态平衡状态。食盐的加入,改变了水在液相中的化学势,但没有改变水在固相中的化学势。只有降低温度,才能使两相中的化学势重新平衡。这个降低后的温度即为食盐加入后水的冰点。

表 1 制冷混合物

物质	质量/g	水量/mL	温度/°C
氯化镁	85	100	-34
氯化钠	36	100	-10.0
六水合氯化钙	100	81	-40.3
六水合氯化钙	100	70	-55
五水合硫代硫酸钠	100	100	-8.0
溴化钠	66	100	-28
硝酸铵	100	94	-4.0
硝酸钠	75	100	-5.3
硝酸钠	50	100	-17.8

基于以上原理,人们采用某些无机盐和碎冰混合的方式,能够获得最低-55°C 的低温,见上表 1 (数据来自兰

氏化学手册),可以在实验室中用于制冷,相比于干冰和液氮,极为廉价易得且方便。

### 1.2 试剂和材料

材料:气球,剪刀。

试剂:氯化钠,氯化钾,无水氯化钙,氯化镁,无水硫酸钠,醋酸钠,硝酸钠,以上几种无机盐均为市售国产的分析纯试剂,市售复合食品添加剂(胭脂色,柠檬色,蓝色,果绿)。

仪器:100mL、50mL、10mL 量筒,250mL 烧杯,培养皿,台秤,药匙。

### 1.3 实验过程

①把气球的开口放在冷水龙头的末端。把水龙头转成涓涓细流,把气球装满一半的水,用一个烧杯来确定水球的直径大致相同。把气球放在冰箱冷冻层里,放一夜。按此方法冰冻 32 个装有水的气球,用此法制备了球形的冰块。

②第二天,将气球从冰箱里拿出来。此时因为液态水已经变成了固体冰。把气球绑住的一端剪掉,把橡胶剥掉。

③准备 4 组冰球,每组 8 个。各组把 8 个冰球分别放在 8 个培养皿上。其中 7 个冰球上分别撒上 7 种无机盐(均为 0.1mol):CaCl<sub>2</sub>,MgCl<sub>2</sub>,KCl,NaCl,NaAc,NaNO<sub>3</sub>,Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,剩下的一个冰球作为空白对照。看着盐粒洒落的地方冰融化,在结冰的表面留下很多小孔。

④四组冰球分别滴上不同的色素,(胭脂色,柠檬色,蓝色,果绿),具体各球滴加色素的种类和用量见表 2。本实验使用固体色素,所取六种色素均为 1g,并将其配成了 10mL 溶液。色素大部分会位于冰块的顶部,但它会很快溶解在融化的冰中,形成彩色的河流,从旁边流下来。

⑤探究不同无机盐和不同色素使冰融化的速率快慢。从 8 个冰球加入盐类起开始计时 1 小时,测量并比较冰球融化得到的水的体积,其数据记录如下表 2,横向是添加不同的无机盐,纵向是添加不同的色素,表中的数据则是在横向的色素和纵向的无机盐的共同条件下,测得冰球在一小时后融化得到水的体积;实验现象如图 2,展示了几种无机盐加速冰球融化的实验现象。可以看到加了特定盐冰球在盐的作用下加速融化,冰面产生水流雕琢的痕迹,晶莹剔透,浑然天成,搭配色素带来的颜色,美丽而神秘。而没有加盐的冰球则融化速度较慢,表面光滑。



图 2 部分添加不同色素和不同无机盐的冰球融化实验现象

## 2 实验结果讨论

表 2 六个冰球融化速率的比较

添加物	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaNO <sub>3</sub>	NaAc	NaCl	KCl	CaCl <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	空白
柠檬黄	20.2mL	36.2mL	45.4mL	41.5mL	38.8mL	57.4mL	54.8mL	19.6mL
胭脂红	21.6mL	37.0mL	47.8mL	45.8mL	40.0mL	62.5mL	56.5mL	22.0mL
蓝色	20.5mL	36.5mL	45.2mL	42.0mL	39.6mL	58.9mL	55.0mL	20.4mL
果绿	18.0mL	35.8mL	45.2mL	39.5mL	36.0mL	57.0mL	52.0mL	18.8mL
平均	20.1mL	36.4mL	45.9mL	42.2mL	38.6mL	59.0mL	54.6mL	20.2mL

实验对添加不同色素及不同无机盐的冰球在一小时之后的融化的水的量进行测量,通过量取融化的水的量大小,对不同条件下对冰球的加速效果进行比较,根据表 2 的结果,得出如下规律:

①无机盐对于加速冰球融化的效果比较。几种无机盐对于加速冰球融化的效果由快到慢排序依次是 CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, NaAc, NaCl, KCl, NaNO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>。其中添加 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 与空白对照组的融化快慢几乎相当。实验中的无机盐的加速效果前述表 1 中兰氏化学手册数据相符。

②阴离子的影响。对比添加了 NaAc, NaCl, NaNO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 四种无机盐的实验组加速效果,可以看到阳离子同为钠离子的情况下,阴离子对于加速冰融化的效果有较大的差异,按本实验测量 1 小时后生成水的量的平均值进行比较,最大值为 45.9mL,最小值为 20.1mL。几种钠盐中,醋酸根离子的加速效果最佳,硫酸根离子几乎没有加速效果。再考虑到其中添加 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 与空白对照组几乎相当,可以推测起到加速冰融化效果的主要为阴离子。

③阳离子的影响。对比添加 CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, NaCl, KCl, 四种无机盐的实验组加速效果。可以看到阴离子同为氯离子的情况下,不同的氯化盐的加速冰融化效果也不相同,按本实验测量 1 小时后生成水的量的平均值进行比较,最大为 59mL,最小为 38.6mL,其差异值不如前述变换阴离子后加速冰融化的效果大。在所对比的几种盐中,钙离子的效果最佳,钾离子的效果最弱。说明阳离子对于加速冰融化成水也起到一定的影响,但具体是何种影响,仍需进一步讨论。

根据前面的实验结果对比,阴离子的影响明显较大,添加了 CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub> 两组的数据比添加 NaCl, KCl 大的原因有可能是等当量的盐中氯离子含量更大,但氯离子加倍的情况下并未呈现出冰融化速率加倍的效果,且 CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub> 对比, NaCl, KCl 对比下,阳离子不同,氯离子当量相同的情况下加速效果也不同;除此之外,也未呈现出阳离子原子量或原子半径与加速效果的相关性。

④色素的影响。添加色素原本是为了增强实验的趣味性,用色素的颜色勾勒被无机盐刻蚀的冰块的花样繁复形状以凸显神秘的物质之美。但考虑到不同的色素吸热能力不同。因此通过对比空白组不同颜色下冰融化出水量的差异,以比较颜色的影响。通过对比,红色加速效果最佳,

蓝色次之,黄色再次之,绿色最慢。存在差异,但是颜色在本实验中影响较小。充分考虑颜色的影响也使得本实验具有跨学科的意义,在研究冰球融化的过程中,除了考虑化学作用的影响,也涉及到了物理作用的影响,可以充分拓展探究的范围。

### 3 实验设计注意事项

①如果仅进行定性实验观察现象,则简单操作即能成功,盐的添加量越大,实验现象越明显,若遇较冷的天气进行实验适当增加无机盐的量以缩短实验时间。

②若进行较为严谨的对比实验,首先制作的冰球的大小形状相同;其次进行对比实验时,所添加的无机盐的当量相同;最后几个冰球融化的实验应同时同处进行,确保几个冰球出于相同的气温、相同的环境下进行融化的观察对比,确保结果客观准确。

③探究实验可进一步扩展无机盐的种类及色素的颜色种类,从而探究不同的阳离子、阴离子对于加速冰块融化的影响。

### 4 针对不同学段学生的基于知识螺旋上升的趣味探究实验方案

#### 4.1 分层展示的内容及素养目标

①幼儿和小学生。出于安全和实验材料易得的角度考虑,展示冰球在食盐的作用下加速融化的过程,使幼儿和小学生获得对科学之美、物质变化之趣的初步体验,能知晓撒盐除冰这一常识,理解生活中在道路撒盐除冰现象。

②初中生。实验可以扩充多种不同的无机盐加快冰球融化作用的对比,展示不同盐类对于促进冰块融化的作用是不同的,使初中学生体验冰盐浴能够带来的低温,促进其物质观、变化观、能量观的建立。

③高中生。则要求实验体现控制变量、空白对照、定量实验。并通过图片、视频素材进一步展示从晶体和分子层面解释盐类促进冰块融化的原理,促进高中学生宏观辨识与微观探析、证据推理与模型认知,科学探究与社会实践等学科核心素养的培养。

#### 4.2 不同学段学生的科普实验设计方案

①幼儿或小学生。需提前准备好冰球及其他相关材料。趣味实验开展过程中指导其亲自动手在冰球上加食盐和色素,并引导鼓励其观察现象、描述现象,展示道路除冰的生活场景的图片或视频,解释道路撒盐除冰的原理,能理解物质科学与生活的联系。出于安全和该阶段的学生理解能力考虑,仅展示食用盐、食用色素与冰球相互作用的实验,且所使用的容器也尽量取材于生活,少用玻璃仪器这类容易摔碎的物品以确保尽可能的安全。

②初中生。在趣味实验前准备好冰球。在趣味探究实验开展过程中,指导初中生尝试多种不同的无机盐与冰球的相互作用,发现一些能更为显著促进冰融化的无机盐。同时添加色素以便于增加趣味性且便于对比观察。启发其考虑冰球加速融化过程的物质变化,能量变化,促进其物

质观、能量观、变化观的初步形成。实验之外还需展示生活中道路撒盐除冰的生活场景和实验室利用特定的无机盐制作冰盐浴用以制冷的应用场景的图片或视频材料,促进初中生赞赏人们对化学变化中物质变化和能量变化的应用。

③高中生。同样在实验前准备好冰球。在探究实验过程中,提供多种无机盐供其选择,指导高中生运用控制变量的方法设计对比实验,提示其需考虑球的大小形状、无机盐的量,空白对照等,自主探究不同盐对冰融化速度的影响。引导其进行更多关于物质变化过程的思考,如对不同的盐对冰球融化的加速作用不同的微观原因构建猜想、假说。实验之外还需展示生活中道路撒盐除冰的生活场景和实验室利用冰盐浴制冷的应用场景的图片或视频材料,并展示盐离子破坏冰晶体结构的图片、flash 或视频,通过生动直观的实验现象、生活体验及微观世界的展示,促进中学生在生活的日常中发现不寻常,构建物质世界的微观图景,体验物质世界的无穷乐趣。

### 5 结语

通过制作冰球进行无机盐加速冰融化的探究实验,并设计添加色素,以鲜明生动的形式展现了无机盐类使冰融化速度加快的过程。既能够针对低龄学生,展示道路撒盐除冰的应用的道理,又适用于探究实验的设计,促进高中

阶段的学生实验探究思维的发展和实验设计能力的提高,同时从晶体和分子层面理解物质的相互作用原理,及从能量的角度理解物质的化学变化,能从跨学科的角度解释物质变化的过程。该趣味探究实验够体现科学知识的螺旋式上升的过程,使不同年龄段的学生不止能够体验科学之美,探索之趣,更能体验探索物质世界之无限,真理无止境。

基金项目:河北省教育厅人文社会科学研究重大课题攻关项目“大中小科学教育一体化发展的协同机制研究”(项目编号:ZD202415)的研究成果之一。河北民族师范学院校级教学改革与实践项目“基于 LICC 范式的师范生模拟授课表现评价及指导策略研究——以《教育演习》课程为例”研究成果。

### [参考文献]

- [1] 中华人民共和国教育部. 义务教育科学课程标准(2022年版)[S]. 北京师范大学出版社, 2022年4月.
  - [2] 杨秀丽, 徐树山. 浅析食盐使水的冰点降低[J]. 物理通报, 1996(10): 40-41.
  - [3] J. A. Dean(主编), 魏俊发等(译), 兰氏化学手册(第二版)[S]. 北京科学出版社, 2003年11月.
- 作者简介: 廖连燕, 河北民族师范学院, 化学与化工学院, 讲师; 张恒强\*, 河北民族师范学院, 化学与化工学院, 教授。