

是谁毁坏了雪花城堡

徐睿远, 王羽欣, 张雨茹, 李万梅*

杭州师范大学材料与化学化工学院, 杭州 311121

摘要: 以雪花城堡坍塌为背景和小雪花与博士的对话为主线, 介绍融雪剂的主要成分、作用原理及其应用, 并以融雪剂为例介绍稀溶液依数性的概念、相关应用和融雪剂的使用方法, 旨在让读者了解稀溶液依数性的有关内容, 并且树立环境保护理念。

关键词: 融雪剂; 稀溶液依数性; 绿色化学

中图分类号: G64; O6

Who Destroyed Snowflake Castle

Ruiyuan Xu, Yuxin Wang, Yuru Zhang, Wanmei Li*

College of Material, Chemistry and Chemical Engineering, Hangzhou Normal University, Hangzhou 311121, China.

Abstract: Against the backdrop of the Snowflake Castle collapse and through the dialogue between Little Snowflake and the Doctor, this paper introduces the main components, principles of action, and applications of snow melting agents. Using snow melting agents as an example, it further explores the concept of colligative properties of dilute solutions, their related applications, and the methods of using snow melting agents. The aim is to familiarize readers with the concept of colligative properties in physical chemistry and to promote the concept of environmental protection.

Key Words: Snow melting agent; Colligative properties of dilute solution; Green chemistry

在遥远的北方, 有一个美丽的雪花王国, 住在冰雪王国里的小雪花们用冰雪建造了一座壮观的雪花城堡。有一天, 雪花城堡城墙的一角出现了坍塌, 小雪花们忙作一团, 纷纷努力地修补城墙。小雪花们虽然用了很多雪进行修补, 但是他们发现修补用的雪也会融化。小雪花们急得不知道该怎么办, 于是连忙请教知识渊博的雪花博士。博士仔细观察坍塌的城堡后, 他发现了问题所在: 城堡外面堆积了大量的工业盐, 坍塌正是由堆积的工业盐导致的。小雪花们听了博士的话, 立刻行动起来把工业盐清理干净, 然后用新鲜的雪重新修补城墙。很快, 城堡又恢复了原来的模样。

1 雪消冰又释

小雪花不明白为什么坚固的城堡会被不起眼的盐所影响, 对此很好奇。于是就问博士: “为什么堆积的工业盐会使城堡融化呢?”

博士说: “堆积的工业盐就像融雪剂一样, 它会让雪的凝固点降低, 从而导致雪会融化。”

小雪花似懂非懂, 问道: “融雪剂成分只有工业盐吗?”

博士解释道: “融雪剂是一种可以降低冰点和提高沸点的物质, 其主要成分是工业盐, 即没有

经过精炼的原盐，原盐的主要成分是含有氯化镁(MgCl₂)等杂质的氯化钠(NaCl)。除此之外，还有尿素、甘油、乙二醇等其他成分^[1]。虽然融雪剂的具体成分可能不同，但是其作用大致是相同的，即减少道路上的积雪和结冰现象，减少交通事故的发生和保证通行的便利^[2]。”

小雪花继续追问：“为什么融雪剂会使冰雪融化呢？”

博士拿起粉笔，在黑板上边书写边说：“融雪剂之所以能够有效地融化冰雪，是因为融雪剂中的固态氯化钠(NaCl)溶解在液态的水(H₂O)中时，需要吸热，形成含有钠离子(Na⁺)和氯离子(Cl⁻)的盐溶液，这种盐溶液的凝固点比纯水低，并且可以不断溶解固态的水，也就是不断溶解冰雪形成更多的水溶液。如此往复，冰雪就会不断地融化，直到全部融化为止(图1)。所以当我们把融雪剂铺在雪或者冰上时，融雪剂会使冰雪的凝固点降低到0℃以下，导致水达不到凝固点，冰雪就会融化^[3]。”

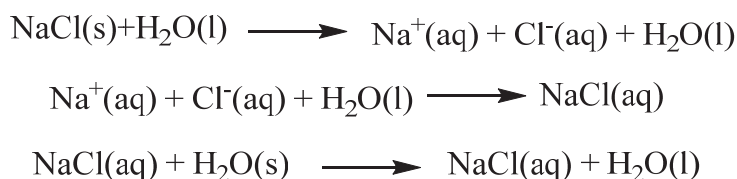


图1 盐溶解于水的过程

2 冰雪消融背后的秘密

小雪花继续问博士：“那为什么盐水的凝固点和水的凝固点不同呢？”

博士说：“因为盐水是溶液而非纯溶剂，有其特殊的性质。我们可以这么理解，纯溶剂中的所有分子都有其自身的运动范围，当向纯溶剂中加入溶质形成溶液时，溶质分子就会占据溶剂分子的一部分空间，减少溶剂分子的运动范围(图2)。同时，溶剂分子和溶质分子之间也会产生一定的吸引力或排斥力，这些分子间的作用力会影响溶剂分子的运动状态，从而导致溶液和纯溶剂的性质不同。当把盐溶解在水中时，盐解离的相应离子使水从纯溶剂变为了溶液，导致盐水的凝固点降低^[4]。”

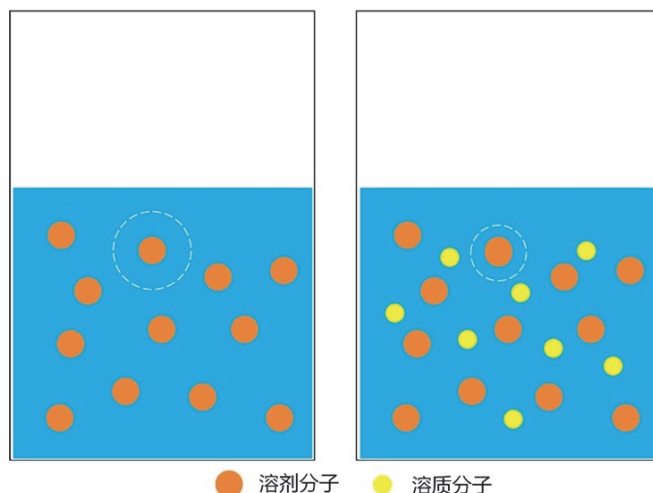


图2 加入溶质前后溶剂分子的运动范围示意图

小雪花接着问：“那什么是导致盐水的凝固点降低而不是升高呢？”

博士说：“你提出的问题很好，凝固点的含义是纯液体的蒸气压与该物质纯固态的蒸气压相等时的温度，当向纯溶剂中加入难挥发的溶质时，难挥发的溶质会影响纯溶剂的挥发，就使溶液的蒸气压低于纯溶剂的蒸气压。因此，要使溶液的蒸气压与其纯固态的蒸气压相等使其凝固，则需要降低温度，所以溶液的凝固点低于纯溶剂的凝固点^[5](图3)。”

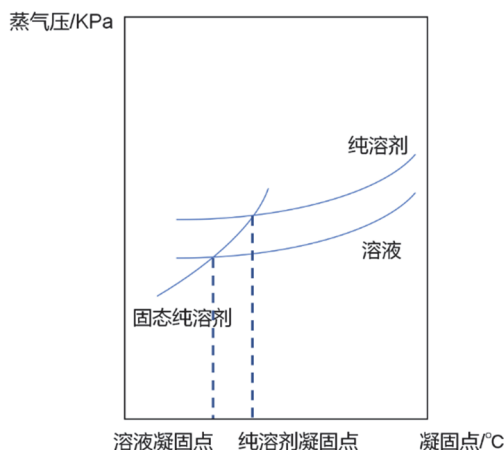


图3 凝固点降低示意图

小雪花又问：“那我们怎么计算盐水的凝固点呢？”

博士说：“凝固点降低的大小是和加入溶剂中溶质的粒子数成正比，也就是说向溶剂中加入越多的难挥发溶质，其形成的溶液凝固点就会降得越低。当然我们在计算时，也要考虑溶质种类。不同的溶质溶解在溶剂中产生的粒子数不同，且不同溶质在溶剂中的溶解度也不同。比如，氯化钠(NaCl)在水中的最大溶解度是 $5.40 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，盐水的凝固点约为 $-21 \text{ }^\circ\text{C}$ ，氯化钙(CaCl_2)在水中的最大溶解度是 $6.79 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，氯化钙溶液的凝固点约为 $-55 \text{ }^\circ\text{C}$ 。”

3 揭开稀溶液依数性的面纱

“我明白了。”小雪花看着算式点点头，又紧接着问道：“除了凝固点，溶液还会改变纯溶剂的其他性质吗？”

博士：“当把难挥发的溶质加在溶剂中，溶液中不同成分之间会相互作用，的确会改变很多性质，会使所形成溶液的蒸气压变小、沸点升高、凝固点降低、渗透压增大。”

小雪花说：“那么这些性质受什么影响呢？”

博士说：“这些性质变化的大小只取决于溶液中溶质粒子的数量，所以我们又把把这个规律称为‘稀溶液的依数性’。它的定义是：浓度较小溶液的某些物理性质，如蒸气压、沸点、凝固点和渗透压等性质只取决于溶液中难挥发溶质的粒子数目，而与溶质的种类和本性无关^[6]。”

小雪花问博士：“我明白了，蒸气压下降，凝固点降低，沸点升高和产生渗透压的大小都只与稀溶液中溶质的粒子数成正比。那有相应的公式计算吗？”

博士在黑板上写下公式并说：“每一个数值都有相应的公式计算。”

博士说：“由这些公式(表1)可以看出，稀溶液依数性所涉及的物理量只由溶质的粒子数决定^[7]。”

表1 溶液依数性公式

稀溶液依数性	公式	公式涉及的物理量
蒸气压下降	$\Delta p = p_0 \cdot x_B$	Δp 是溶剂的蒸气压下降值； p_0 是纯溶剂的饱和蒸气压； x_B 是摩尔分数，表示某一成分在混合物中所占的比例， $x_B = n/n_{\text{总}}$
沸点升高	$\Delta T_b = K_b \cdot m_B$	ΔT_b 是溶液沸点升高值； K_b 是溶剂的沸点升高常数(和溶剂的种类有关)； m_B 是质量摩尔浓度，表示单位质量的溶液中所含有的某一成分的摩尔数， $m_B = n/m$
凝固点降低	$\Delta T_f = K_f \cdot m_B$	ΔT_f 是溶液凝固点降低值； K_f 是溶剂的凝固点降低常数(和溶剂的种类有关)； m_B 是质量摩尔浓度
渗透压	$\Pi = c_B RT$	Π 是溶液的渗透压； c_B 是溶液的摩尔浓度； R 是气体常数； T 是开氏温度

4 生活中无处不在的稀溶液依数性

小雪花说：“看来稀溶液依数性很重要呀，那稀溶液依数性有什么实际应用呢？”

博士说：“稀溶液依数性在生活中有很多应用(图4)。”

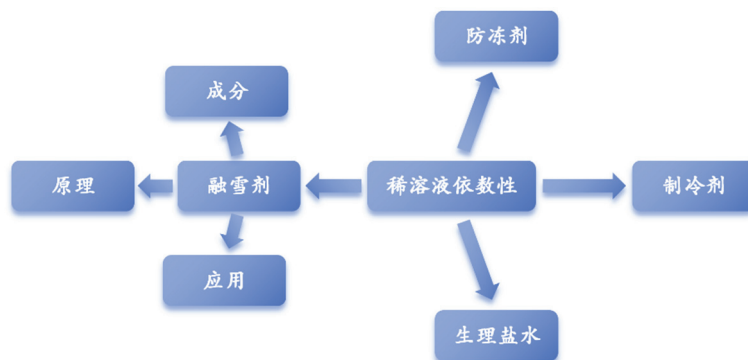


图4 稀溶液依数性的应用

在冬天，汽车散热器里使用的防冻剂，利用的就是凝固点降低原理。防冻剂通常是由水和其他添加剂组成的溶液，防冻剂可以降低水的凝固点，防止水在低温下结冰造成散热器破裂或堵塞^[8]。

致冷剂也是利用凝固点降低原理。将食盐和冰(或雪)混合，可以使温度降低到 $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；氯化钙与冰(或雪)混合，可以使温度降低到 $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；这些常用于水产和食品的贮藏和运输^[9]。

生理盐水是一种0.9%的氯化钠溶液，它的渗透压和人体血液相同，可以用于输液或清洗伤口。如果使用纯水或其他浓度的盐水，会造成细胞内外的渗透压不平衡，导致细胞膨胀或收缩，影响正常的生理功能^[10]。

我们熟悉的融雪剂也是稀溶液依数性的应用，并且利用稀溶液依数性，可以测定未知物质的分子量。

上述只是稀溶液依数性在生活中应用的一部分例子，实际上它在化学、化工、能源、医药各个领域都具有广泛应用。”

5 寒潮来临的“救星”也是“灾星”

小雪花激动地说：“博士，我有个问题，既然融雪剂可以帮助我们解决路面积雪问题，为什么我们不大推广使用呢？”

博士说：“融雪剂的确有很多优点，比如融雪剂可以高效快速地融化积雪和冰，提高道路的可行性；减少交通事故的风险，提高安全性；减少人工清除积雪和冰的工作量；相对于其他清除积雪和冰的方法，使用融雪剂更具有经济性^[11]。”

博士补充道：“但是以工业盐为主要成分的融雪剂并不是一种绿色化学品，工业盐中除了含有氯化钠(NaCl)、氯化镁(MgCl₂)等物质，也可能含有铅、砷等重金属有害物质；并且工业盐融雪剂会增加地表水和地下水的盐分含量，导致水质恶化，影响人类和动植物的健康；会加速土壤酸化和侵蚀，降低土壤肥力和生物多样性；会对钢筋混凝土桥梁、沥青路面、金属设备等有一定的腐蚀作用；会造成大量的能量损失，增加温室气体排放，加剧全球变暖^[12]。”

小雪花很不解，问博士：“那我们到底要不要使用融雪剂呢？”

博士说：“我们是可以使用融雪剂的，但我们在使用融雪剂时，要注意用量和时间，过多或过早地使用融雪剂都会造成浪费和污染；或者我们可以选择更环保的替代品，例如可以使用沙子、锯末、稻草等物质来增加路面摩擦力和吸收水分，也可以使用生物酶、甘油等物质来降低冰雪融化温度，还可以利用太阳能、风能等可再生能源来提供热量来除冰除雪^[13]。”

6 绿色化学

小雪花说：“明白了，博士。我们在使用融雪剂的时候要注意融雪剂对环境的影响。”

博士说：“是的，我们不仅在使用融雪剂时要注意其对环境的影响，而且在使用所有化学药品的时候，都要注意对环境的影响。”

小雪花问：“什么是绿色化学？”

博士说：“绿色化学是一种新型的化学思想，其核心是利用化学原理从源头上减少和消除工业生产对环境的污染，对环境友好，实现化学化工的可持续发展^[14]。”

小雪花问：“明白了，我会在以后的实验中提倡绿色化学思想的。”

博士说：“是的，它是一种可持续发展的思想，可以帮助我们更好地保护环境，减少对自然资源的消耗，还可以提高工业生产效率。”

7 尾声

小雪花很感谢博士的教导，在依依不舍地分别之际不禁感慨到化学真是奇妙。化学无处不在，生活处处是化学。在使用化学品的时候，我们要秉持着“绿色化学”的原则，绿水青山就是金山银山，冰天雪地也是金山银山。

参 考 文 献

- [1] 陈樱华, 张金娜, 李富华, 陈世祥. 天津化工, **2022**, 36 (3), 12.
- [2] 任庆云, 张钰汾, 胡井香, 张懿洁, 王慧. 广东化工, **2022**, 49 (22), 42.
- [3] 景金华, 何冰. 市政技术, **2022**, 40 (7), 51.
- [4] 崔禹晴, 吕丹, 王威. 广州化工, **2022**, 50 (12), 17.
- [5] 邓崇海, 胡寒梅, 邵国泉. 合肥学院学报(自然科学版), **2013**, 23 (1), 70.
- [6] 陈穗营, 李国权, 马成有. 吉林农业, **2014**, No. 22, 96.
- [7] 陈美婷, 顾聪, 姚喆, 陈飞武, 张恒建. 大学化学, **2019**, 34 (1), 92.
- [8] 高志宇. 高寒地区液冷式PV/T系统运行特性研究[硕士学位论文] 成都: 西南交通大学, 2022.
- [9] 吴世清. 化工生产与技术, **2023**, 29 (5), 46.
- [10] 卢雁, 卢泽, 陈得军. 大学化学, **2013**, 28 (3), 68.
- [11] 李盼, 孙铂焯, 任一博. 河南科技, **2023**, 42 (18), 85.
- [12] 田济铭, 李莹, 徐源, 徐晨翔, 黄梦瑶. 现代化工, **2022**, 42 (2), 255.
- [13] 逢好胜, 文超, 李晓奇, 徐倩, 赵学乾. 现代园艺, **2023**, 46 (15), 194.
- [14] 虞春龙. 河南教育(教师教育), **2023**, No. 10, 83.