

# 探究常温蒸发法与降温结晶法的优势与不足

## ——硫酸铜晶体制备实验报告

■王 翊

### 【前言】

通过学习,我了解到了制作晶体的基本方法。在查阅相关资料的过程中,我发现制作硫酸铜晶体的方法大致可分为两种:降温结晶法和常温蒸发法。我在进一步的学习后,了解到硫酸铜晶体产生的原理是饱和溶液在温度降低时,溶解度也随之降低,等质量的水所能溶解的溶质变少,于是溶质(即硫酸铜晶体)就从溶液中析出了。但是,不改变溶液温度,蒸发溶剂也同样可以达到使溶质析出的目的。这两种方法理论上都可以制得硫酸铜晶体。于是,我开始思考:这两种方法是否都适合制作硫酸铜晶体呢?制得的晶体有没有区别呢?哪种方法更好呢?为了比较这两种方法的优劣,我和一些同学结合往届学生经验,参照网络上的相关资料,进行了本次探究实验。

### 【理论基础】

1. 硫酸铜的基本性质:硫酸铜( $\text{CuSO}_4$ ),为白色或灰白色粉末,俗名胆矾、石胆、胆子矾、蓝矾。其水溶液呈弱酸性,显蓝色。硫酸铜是制备其他含铜化合物的重要原料。同石灰乳混合可得波尔多液,用作杀菌剂。同时,硫酸铜也是电解精炼铜时的电解液。硫酸铜常见的形态为结晶体,一水合硫酸四水合铜( $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,五水合硫酸铜),为蓝色固体(晶体)。其水溶液因水合铜离子的缘故而呈现出蓝色,故在实验室里无水硫酸铜常被用于检验水的存在。硫酸铜属于重金属盐,有毒,成人致死剂量 $0.9\text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

2. 硫酸铜的溶解度(如下表):由表可知,硫酸铜的溶解度随温度变化影响较明显。根据课本知识,可以知道用降温结晶法适合制

作硫酸铜晶体。因此,我们首先尝试用降温结晶法进行实验。

物质	0℃	10℃	20℃	30℃	40℃	60℃	80℃	100℃
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	23.1	27.5	32	37.8	44.6	61.8	83.8	114

### 一、降温结晶法

1. 实验器材:足量硫酸铜、勺子、烧杯、培养皿、漏斗、滤纸、玻璃棒、镊子、酒精灯、石棉网、三脚架。

2. 实验步骤:(1)向烧杯中加入适量开水(或用酒精灯加热水),向烧杯中加入硫酸铜并用玻璃棒搅拌,直至硫酸铜不再溶解。(2)用漏斗、滤纸及玻璃棒将硫酸铜溶液过滤到另一个烧杯(玻璃杯)。(3)将部分已过滤的硫酸铜溶液倒入培养皿中,静置一晚。(4)用镊子挑出形状完好的晶体并选其中一个用线悬挂起来。(5)用同样的方法配置饱和溶液,并将一个晶体悬挂起来,选适量晶体放入培养皿中,静置一晚。(6)将晶体取出。

### 二、常温蒸发法

1. 实验器材:足量分析纯硫酸铜、蒸馏水、玻璃棒、烧杯、培养皿、胶头滴管、镊子。

2. 实验步骤:(1)往盛有适量水的烧杯中加入足量硫酸铜,用玻璃棒搅拌直至硫酸铜不再溶解。(2)静置直至溶液澄清,用胶头滴管取上层清液,滴入培养皿中,将培养皿放置在震动尽可能少的地方。(3)数天后,观察到培养皿中有晶体析出,用镊子将晶体从培养皿中取出,挑选出形状较规则的晶体。(4)配置适量饱和硫酸铜溶液,取上层清液于另一个干净、干燥的培养皿中,将挑选出的晶体放入该培养皿中,静置。(5)定期清理培养皿中的碎晶和灰尘,适时补充饱和溶液,晶体就慢慢长大了。

3.备注:在降温蒸发法的实验中,我们发现将晶体悬挂在饱和溶液中的培养方法效果欠佳,晶体长大后无法取出内部的悬线,同时线上也有晶体析出,影响了晶体整体的美观,因此,我们在本次实验中采用了直接在培养皿中培养晶体的方法。

### 【实验结论】

1.操作:从操作的繁简程度方面看,降温结晶法的操作较繁杂,主要体现在两个方面:一是需要加热,二是需要过滤,且在此过程中热饱和溶液降温结晶堵塞滤纸,需多次更换滤纸。而常温蒸发法早期操作相对较简便,但后期仍需定期“清理”溶液,且需长时间保持溶液不受震动,同样具有一定的难度和烦琐之处,故在操作方面,两种方法各有千秋。

2.实验耗时:从实验所需时间方面看,降温结晶法占明显优势。采用降温结晶法,从配置饱和硫酸铜溶液到晶种长大只需两三天时间,而常温蒸发法则需约一周甚至更长的时间才开始有晶体析出。因此,在实验耗时方面,降温结晶法更胜一筹。

3.晶体品质:从制得的硫酸铜晶体品质看,降温结晶法由于降温过快,易出现析出的晶体零碎或多个晶体连在一起的情况,且晶体形状易不规整,内部有杂乱的裂纹,颜色浑浊不均匀,透明度较差,不易制得品质较好的单晶。而常温蒸发法在保持溶液稳定的情况下,析出的晶体大多形状较规则且透明度高,在及时清理碎晶和灰尘的情况下,少有裂痕且较少出现多个晶体连在一起的情况。因此,在所制得晶体品质方面,常温蒸发法略胜一筹。

4.成功率:从实验的成功几率看,降温蒸发法容易由于降温过快,溶解度快速降低,短时间内析出大量晶体而形成“大饼”(即大量晶体连在一起呈饼状结在容器底部),导致实验失败。而常温蒸发法只需耐心的等候和及时的挑选,一定会有符合要求的晶体析出。因此,在成功率方面,常温蒸发法略胜一筹。

5.总结:综上所述,降温结晶法的优势在

于结晶速度快,实验用时短;而不足在于操作较繁杂,较难制得品质上乘的晶体且成功率较低。常温蒸发法的优势在于前期操作较简便,制得晶体品质较好且成功率大;不足之处是实验耗时长,且需进行长期的清理工作及长期保持溶液不受任何震动。

因此,两种方法各有优劣,我们应根据实际情况选择适当的方法。

### 【实验反思】

1.降温结晶法:(1)为了防止热饱和溶液降温过快而导致短时间内有大量晶体析出,可适当控制加热温度不至过高,也可以将热饱和溶液倒入保温杯确保其温度缓慢降低,进一步防止形成“大饼”。(2)过滤热饱和溶液时,若溶液析出晶体堵塞了滤纸的小孔导致过滤速度过慢,要及时更换新的滤纸,故在实验前应准备好多张折好的滤纸。

2.常温蒸发法:(1)实验前要了解近期的气温变化,若气温骤然下降,将导致晶体析出过快,出现几个晶体“叠”在一起的情况;若气温骤然上升,将导致析出的晶体再次溶解。(2)晶体析出过程中应尽量避免震动溶液,避免形成的晶体形状不规则或出现裂痕,出现碎晶现象。(3)培养晶体时,不能贪图方便一次配置足量的饱和溶液以便随时补充溶液,随着室温的改变,饱和溶液有可能变为不饱和溶液,以致晶体溶解。(4)及时清理培养皿中的灰尘与碎晶,以免晶体在灰尘上析出,进而形成碎晶附着在较大的晶体上,影响晶体的美观。可以用硬纸片盖住培养皿以防灰尘进入。

### 【实验感想】

这次的实验,使我们都受益匪浅,有了很多新的知识和感受。最初我们在观看以前同学的实验报告时,感觉除了制作单晶的过程,没有可供对比探究的题材。但在后来的亲手实验中,我们却发现,实验中处处是惊喜,处处有收获。

在刚开始设计实验的过程中,我们就查阅了大量资料,最初所定的探究主题是关于直接在培养皿中培养硫酸铜单晶和用线悬挂培养的优劣。但我们在做实验时各自用了不

同的结晶方法,即降温结晶和常温蒸发,并惊喜地发现两种方法的实验结果有所不同。我们对这两种方法产生的差别感到十分好奇,很想知道哪种方法更好。在经过多次讨论后,我们决定更改探究课题,进一步展开在培养晶体的方法方面的探究。这是实验中的一次意外收获。

实验过程中我们遇到了很多的困难。比如,在对降温结晶法的探究中,在过滤阶段,由于降温过快导致有小颗粒的晶体析出堵住滤纸孔,过滤非常缓慢。有时即便是在过滤一杯溶液的过程中更换了5张滤纸,也要过滤近五十分钟。但从另一个方面来说,这也是实验结论和对比、反思中的一个部分,是在对比优劣时必要的内容。

还有,在常温蒸发法的探究过程中,蒸发析晶不仅十分缓慢,有时需要一周才能有晶体析出,而且影响因素多,气温、杂质、溶液的饱和程度等都直接影响最终结果,导致实验多次失败。但经过不懈的努力和不断的改进,最终还是做出了符合要求的单晶。这种

反复探究的过程,正是实验中最宝贵的精神,也是最大的收获。

这次的实验,我们不仅收获到了制作硫酸铜晶体和溶液等方面的知识,还提升了自主学习能力和动手能力,培养了科学探究的精神和自主创新精神;我们深刻地体会到了科学永无止境的道理,实验中永远不缺可以探究的内容;我们的团队协作能力也得到了提升,使同学、老师间的配合更加默契……这次的实验,我们收获良多。

也感谢化学老师,为我们的实验提供了很多帮助与支持。老师让我们观赏以往学生的探究报告,在借鉴的基础上创新,也为我们能写出好的实验报告提出很多修改意见。感谢我们的父母,在实验过程中给予了大力支持和帮助,在实验过程中随时配合我们,也为我们做好后勤工作。没有你们,就没有实验的成功!

作者单位:广东省广州市第六中学高一(3)班

(上接第59页)

1 m,兔子的速度是2 m/s,乌龟的速度是1 m/s。按照悖论的逻辑,它们的运动过程是这样的:兔子跑完1 m用了0.5 s,在这0.5 s中,乌龟又爬了0.5 m。等到兔子跑完0.5 m用了0.25 s,乌龟又爬了0.25 m……乌龟的起点在A<sub>1</sub>点,兔子的起点在B点。兔子和乌龟的距离为1 m,随着时间推移,兔子和乌龟的距离不断减小:1 m、0.5 m、0.25 m、0.125 m、...,可以看出兔子所跑过的距离一共为 $S_1 = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots$ ,同时,乌龟走过的距离一共为 $S_2 = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots$ ,这两个涉及无限的式子很难处理,但是这两个式子的值一定是有理数。

但是该如何计算以上公式的无限求和方法呢?经过艰苦思索和网上查证,我想出了一种新的思路。首先正常计算兔子追上乌龟

所需时间为 $\frac{1}{2-1} = 1$  s,也就是兔子追上乌龟需要1 s,从而计算出兔子追上乌龟所跑的距离为2 m,所以 $S_1$ 应该等于2。反过来计算,按照以上步骤,兔子第1次跑了1 m,距离和乌龟相遇点还差1 m,兔子第2次跑了 $\frac{1}{2}$  m,距离和乌龟相遇点还差 $\frac{1}{2}$  m,兔子第3次跑了 $\frac{1}{4}$  m,距离和乌龟相遇点还差 $\frac{1}{4}$  m。也就是说经过以上每一次步骤过后,兔子距离和乌龟相遇点都是越来越短的,为 $\frac{2}{2^n}$  m。因为 $\frac{2}{2^n}$ 趋近于0,所以公式 $S_1$ 最终趋近于2。

同理,经过计算, $S_2$ 趋近于1。

老师告诉我这道问题隐含了大学中所要学习的极限有关内容的数学思想,对我敢于思考进行了赞赏。

作者单位:山东省金乡第一中学高二(26)班