

# 加热蒸干可水解金属氯化物溶液产物探讨

陈建托<sup>1</sup> 国满苹<sup>2</sup> 卓峻峭<sup>3\*</sup>

(1 首都师范大学附属中学 北京 100048; 2 江苏省外国语学校 江苏 苏州 215005;

3 重庆市教育科学研究院 重庆 400015)

**摘要:**加热蒸干几种可水解金属氯化物溶液并检验固体产物成分,发现蒸干产物并非完全是对应的氢氧化物或氧化物,FeCl<sub>3</sub>、CuCl<sub>2</sub>、MgCl<sub>2</sub> 水溶液加热蒸干除氧化物外都有氯化物剩余,加热蒸干 AlCl<sub>3</sub> 水溶液无氯化物剩余,得到的产物不溶于稀盐酸和稀硝酸,可溶于 NaOH 溶液。

**关键词:**加热蒸干;金属氯化物;水解

文章编号:1002-2201(2025)11-0044-02

中图分类号:G633.8

文献标识码:B

## 一、问题的提出

在中学化学教学中,普遍认为加热蒸干可水解金属氯化物溶液可得到对应的氢氧化物或氧化物。以 FeCl<sub>3</sub> 水溶液为例,Fe(OH)<sub>3</sub> 的  $K_{sp}(2.79 \times 10^{-39})$  非常小,Fe<sup>3+</sup> 水解趋势较大:FeCl<sub>3</sub> + 3H<sub>2</sub>O  $\rightleftharpoons$  Fe(OH)<sub>3</sub> + 3HCl,在加热条件下 HCl 挥发会极大地促进 Fe<sup>3+</sup> 水解,使 Fe<sup>3+</sup> 完全转化为 Fe(OH)<sub>3</sub>。酒精灯加热温度可以达到 400 ~ 600 °C,高于 500 °C 时 Fe(OH)<sub>3</sub> 完全脱水生成 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。以此分析,FeCl<sub>3</sub> 溶液加热蒸干理应得到 Fe(OH)<sub>3</sub> 或 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 或二者混合物。

查阅文献资料,学者对相关问题的研究比较有限。陆燕海等<sup>[1]</sup>认为加热 FeCl<sub>3</sub> 溶液在平衡正向移动时并未发生 HCl 的挥发,蒸干 FeCl<sub>3</sub> 溶液得到 Fe(OH)<sub>3</sub> 或 FeOOH 固体是有条件的。赵锋等<sup>[2]</sup>用小火缓慢蒸干 NH<sub>4</sub>Cl 溶液,得到 NH<sub>4</sub>Cl 固体,回收率高达 93.3%。他们均认为在加热蒸干过程中 HCl 的挥发对水解的影响并没有想象得那么显著。

我们分别加热蒸干 FeCl<sub>3</sub>、CuCl<sub>2</sub>、AlCl<sub>3</sub>、MgCl<sub>2</sub> 水溶液,探讨蒸干产物的组成。实验涉及的相关物质性质简介如表 1 所示。

表 1 相关物质性质

物质	物理性质 <sup>[3]</sup>	化学性质
FeCl <sub>3</sub>	绿色固体(亦有说黑棕色),熔点 307.6 °C,沸点 316 °C,易升华	在真空中加热至 500 °C 可分解为 FeCl <sub>2</sub> 和 Cl <sub>2</sub>
CuCl <sub>2</sub>	黄棕色固体,熔点 598 °C,沸点 993 °C	993 °C 分解为 CuCl 和 Cl <sub>2</sub> ,热力学稳定性很高
AlCl <sub>3</sub>	白色固体,熔点 192.6 °C,沸点 180 °C(升华)	热力学稳定性很高
MgCl <sub>2</sub>	白色固体,熔点 714 °C,沸点 1412 °C	热力学稳定性很高
Fe(OH) <sub>3</sub>	红褐色固体	加热时逐渐分解,温度高于 500 °C 时即完全脱水生成 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,高温(1 500 °C 以上)可生成 Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> 和 O <sub>2</sub>
Cu(OH) <sub>2</sub>	蓝色固体	热稳定性较差,80 °C 时脱水转变为黑色 CuO
Al(OH) <sub>3</sub>	白色固体	在 140 ~ 150 °C 低温环境下脱水可以得到 γ-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,在 950 ~ 1 200 °C 温度下煅烧得到 α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Mg(OH) <sub>2</sub>	白色固体	加热到 350 °C 失去水生成 MgO

\* 通讯作者, E-mail: qq891103@126.com。

## 二、实验现象及分析

### 1. 气体产物分析

用图1所示装置分别加热2 mL, 浓度均为 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{FeCl}_3$  ( $\text{pH} \approx 2$ )、 $\text{AlCl}_3$  ( $\text{pH} \approx 3$ )、 $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{CuCl}_2$ 水溶液至蒸干。四组实验中, 试管b中的现象基本相同: 前期(a试管中已沸腾)用pH试纸检验b试管中的溶液, 试纸无明显变化; 持续加热一段时间后, b试管中的溶液可使pH试纸变红, 可见在加热初期并无大量HCl挥发, 加热后期有HCl挥发。

加热 $\text{FeCl}_3$ 溶液时, 若在b试管中滴加少量淀粉-KI溶液, 后期可观察到溶液变蓝, 推测有少量 $\text{Cl}_2$ 生成。

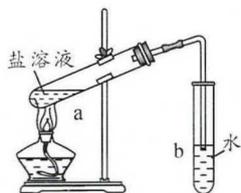


图1 加热装置

### 2. 固体产物分析

因用试管加热蒸干盐溶液所得固体不易观察和收集, 故改用蒸发皿再次进行实验。

分别取10 mL 浓度均为 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{FeCl}_3$ 、 $\text{AlCl}_3$ 、 $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{CuCl}_2$ 水溶液于蒸发皿中, 用酒精灯加热蒸干至固体质量不再改变, 待固体冷却至室温后进行实验。蒸干产物如图2所示。

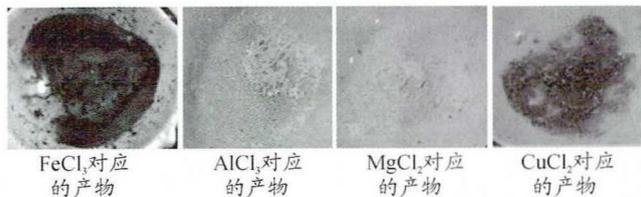


图2 加热蒸干所得产物

#### (1) 加热蒸干 $\text{FeCl}_3$ 水溶液。

实验及现象: 加热过程中, 溶液的红色越来越深。蒸干后, 剩余固体呈黑色(少量红色或红褐色), 后续实验及现象如图3所示。



图3  $\text{FeCl}_3$ 水溶液加热蒸干产物的检验

分析: 根据实验结果推断, 蒸干所得固体为 $\text{FeCl}_3$ 与 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 的混合物[可能有少量 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ]。产物中残留的 $\text{FeCl}_3$ 表明在加热蒸干实验中 $\text{Fe}^{3+}$ 的水解并不完全。固体中加入过量盐酸无气泡, 但可检测到 $\text{Fe}^{2+}$ , 由此推测固体中含有 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 。

#### (2) 加热蒸干 $\text{AlCl}_3$ 水溶液。

实验及现象: 加热过程中无明显现象, 加热至大量固体析出时出现淡红色固体, 之后慢慢变白, 最终得到白色固体(可能有极少量淡红色), 后续实验及现象如图4所示。

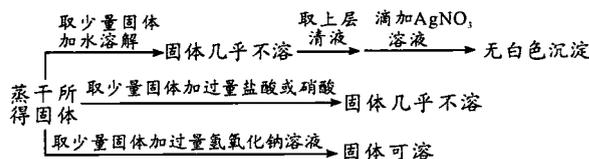


图4  $\text{AlCl}_3$ 水溶液加热蒸干产物的检验

分析: 根据实验结果推知,  $\text{AlCl}_3$ 加热蒸干所得固体以 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 为主, 几乎没有 $\text{AlCl}_3$  剩余(酒精灯加热的温度远高于 $\text{AlCl}_3$  升华温度 $180^\circ\text{C}$ )。实验所得 $\text{Al}_2\text{O}_3$  外观颗粒较小, 具有一定的稳定性, 稀盐酸、稀硝酸难以将其溶解。

另外, 剩余固体中可能出现少量淡红色, 这应是试剂中少量杂质(如 $\text{Fe}^{3+}$ )所致, 正如人造红宝石就是在 $\text{Al}_2\text{O}_3$  中加入少量杂质而制得。

#### (3) 加热蒸干 $\text{MgCl}_2$ 水溶液。

实验及现象: 加热过程中无明显现象, 加热蒸干得到白色固体, 所得固体可大部分溶于水、可全部溶于稀硝酸, 上层清液中滴加 $\text{AgNO}_3$  有大量白色沉淀产生。

分析: 根据现象可知, 所得固体是大量 $\text{MgCl}_2$ 、少量 $\text{MgO}$  混合物, 可能含有少量 $\text{Mg}(\text{OH})_2$  或 $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$ , 实验结果同样显示该实验中 $\text{Mg}^{2+}$  不能完全水解。

#### (4) 加热蒸干 $\text{CuCl}_2$ 水溶液。

实验及现象: 加热过程中溶液逐渐变为绿色, 且绿色逐渐加深, 蒸干后析出黄棕色固体。该固体大部分可溶于水、可全部溶于稀硝酸, 所得溶液呈蓝色, 上层清液中滴加 $\text{AgNO}_3$  有大量白色沉淀产生。

分析: 根据现象可知, 所得固体主要是 $\text{CuCl}_2$ , 还有少量的 $\text{CuO}$ , 加热蒸干过程中 $\text{Cu}^{2+}$  并没有完全水解。将黄棕色固体放置于空气中约两天, 颜色逐渐变

# 手性分子的旋光性实验创新设计

任峰<sup>1</sup> 张典俊<sup>2</sup> 郭孝兵<sup>2</sup>

(1 复旦大学附属复兴中学 上海 200434; 2 合肥市第一中学 安徽 合肥 230601)

**摘要:**利用智能手机或 pad 显示屏发出的 RGB 三基色光作为光源,通过简易的起偏镜与检偏镜检验蔗糖溶液的旋光性,并粗略测量其旋光度。除了能观察到有趣的旋光色散现象外,实验结果也与毕奥定律相符。实验揭示了旋光性与分子手性的关系,可作为手性分子教学的重要证据,引导学生探究分子手性的内在原因。

**关键词:**旋光性;比旋光度;手性分子;蔗糖溶液

文章编号:1002-2201(2025)11-0046-03

中图分类号:G633.8

文献标识码:B

## 一、问题的提出

分子的手性在现行的各版本高中化学教材《物质结构与性质》和《有机化学基础》中均占有一席之地。《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》<sup>[1]</sup>中要求学生“结合实例初步认识分子的手性对其性质的影响”。旋光性作为手性分子的重要性质,理所当然地受到了关注。比如,在人教版教材《物质结构与性质》<sup>[2]</sup>中提到“巴斯德发现,实验室合成的酒石酸盐与得自葡萄(发酵酿酒)的酒石酸盐不同,无光学活性”;在苏教版教材《有机化学基础》<sup>[3]</sup>

中多次提到“旋光性”“旋光异构”“旋光度”“比旋光度”等概念;在鲁科版教材《物质结构与性质》<sup>[4]</sup>中更是提到“化学家对具有旋光性的分子会有怎样的空间结构非常好奇”。当年的科学家正是为了解释物质的旋光性,提出分子可能存在立体异构,进而开始探索分子的手性。由此可见,旋光性实验对于启发学生思考分子的手性具有不可替代的作用。

各高中教材对于物质的旋光性基本上都是点到为止,没有提及旋光性实验。因此,在手性分子的教学,令学生好奇和不解的是:何为光学活性或旋光

为绿色,这是  $\text{CuCl}_2$  水合的结果,也印证了固体中主要成分为  $\text{CuCl}_2$ 。

## 三、结论

综合以上实验可知,加热蒸干  $\text{FeCl}_3$  水溶液会有氯化物剩余,并有  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  及少量  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  生成,在蒸干灼烧过程中发生氧化还原反应。加热蒸干  $\text{AlCl}_3$  水溶液所得固体主要为  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,一般无氯化物剩余。加热蒸干  $\text{CuCl}_2$ 、 $\text{MgCl}_2$  水溶液均有大量氯化物剩余,同时伴有少量氧化物生成。

传统观点认为,可水解金属氯化物溶液经加热蒸干后,通常得到其对应的氢氧化物或氧化物。然而,实验表明实际情况并非总是如此。在蒸干过程中,  $\text{HCl}$  的挥发对水解平衡的影响程度有限,通常不足以驱动水解反应进行完全。最终产物的组成是多种因素共同作用的结果,主要包括相应氢氧化物的热稳定

性、氯化物的沸点以及体系所处的具体热力学与动力学条件。

化学学科的本质决定了其认知过程可能伴随不确定性。对于存在不确定性的问题,应倡导基于实证的严谨态度:鼓励学生深入思考、积极查阅可靠文献并通过实验进行验证,力求构建符合科学原理的合理解释,以确保知识传授的准确与科学。

## 参考文献

- [1] 陆燕海,林肃浩.对氯化铁溶液蒸干及灼烧后产物的探析[J].中学化学教学参考,2010(5):47-48.
- [2] 赵锋,李周平.加热蒸干氯化铵溶液的实验探究[J].化学教学,2024(11):83-84.
- [3] 宋天佑,徐家宁,程功臻,等.无机化学[M].4版.北京:高等教育出版社,2019:893-949.

(本文编辑:蓝 风)

本文彩色图片可参见《中学化学教学参考》微信公众号。