

用数据“说话”

——碳酸钠与盐酸反应的数字化实验改进

浙江省衢州市第一中学 324000 江 雷

碳酸钠是生活中常见的物质,也是一种重要的化工原料,学生在初中阶段对这种盐已有初步的认识。在此基础上,苏教版高中《化学1》专题二第二单元第二课时“碳酸钠的性质与应用”对碳酸钠的性质进行更全面的实验探究,并且引出一种“新”的物质——碳酸氢钠。教材中有一个实验:“[实验2]按图2-9所示组装仪器,将滴管中的浓盐酸加入(装有碳酸钠溶液的广口)瓶中,

观察实验现象。”

一、深入审视实验

在教学过程中,如果只是按书本要求完成这个实验,无非让学生重温一次碳酸钠作为盐的通性——“能与强酸反应生成 CO_2 ”,这显然是不够的。因为这个反应对学生来说已经不是新的知识,有的学生甚至在初中就已经做过该实验。

作为教师,不能只是按部就班地“教教材”,

▷ 3. 混合物中各成分的相对含量对方案的影响
课本中规定的食盐的含量较少。若 KNO_3 和 NaCl 含量各半即各为5g,其结果见表5。

表5

加水	晶体成分/g	溶液成分/g
15 g	KNO_3 0.88	KNO_3 4.12
	NaCl 0.312	NaCl 4.69

由于混合物中各成分的相对含量发生了改变,沿袭课本的步骤将无法实现分离的目的,因此需要根据变化了的情况重新设计方案。

首先考察 KNO_3 和 NaCl 的溶解度差以 100°C 为最大(大于 100°C ,水成为气体)。第一步用 100°C 的水处理上述混合物,使大部分食盐首先以晶体形式分离出来。这里关键的一步是加水量。若加水量不足, KNO_3 不能完全溶解,不溶解的部分就将混入 NaCl 晶体而使其玷污;若加水量过多,则母液中食盐较多,这会影响到食盐的收率。因此,最适宜的水量是使 KNO_3 完全溶解,所需水 $[m(\text{H}_2\text{O})]$ 可以粗略计算为:

$100\text{ g}:246\text{ g}=m(\text{H}_2\text{O}):5$ $m(\text{H}_2\text{O})=2.03\text{ g}$
故第一步加入 100°C 水 2.03 g (100°C 时的水挥发很快,为防止 KNO_3 因水分挥发而结晶析出,实际加水量应略多于计算值,并应不断补充因蒸发而消耗的水分)。这样,大部分 NaCl 留在固相中,溶液中的食盐 $[m(\text{NaCl})]$ 为:

$$100\text{ g}:39.8\text{ g}=2.03\text{ g}:m(\text{NaCl})$$

$$m(\text{NaCl})=0.808\text{ g}$$

可以得到的食盐晶体为:

$$5\text{ g}-0.808\text{ g}=4.19\text{ g}$$

$$\text{收率}:\frac{4.19\text{ g}}{5\text{ g}}\times 100\% = 83.8\%$$

这样,经过第一步处理就可以分离出大部分 NaCl 。为使晶体中不含或少含 KNO_3 ,必须立即进行第二步:趁热过滤,将 KNO_3 富集于母液中。第三步将其冷至 20°C 。冷却过程中不但有 KNO_3 析出,也有 NaCl 析出。为防止因 NaCl 晶体的析出玷污 KNO_3 晶体,可在冷却前先加少量水。加水量计算:

设冷却到 20°C ,此时 NaCl 的溶解度为 36.0 g ,习惯性在母液中含 NaCl 0.808 g ,若加水至 20°C 成为食盐饱和溶液,则 NaCl 不能析出。

$$100\text{ g}:36.0\text{ g}=m(\text{H}_2\text{O}):0.808\text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O})=2.24\text{ g}$$

应加水: $2.24\text{ g}-2.03\text{ g}=0.11\text{ g}$ (为了保证 NaCl 不析出,实际上加水应稍多)

20°C 时母液中溶解的 KNO_3 为:

$$100\text{ g}:31.6\text{ g}=2.44\text{ g}:m(\text{KNO}_3)$$

$$m(\text{KNO}_3)=0.771\text{ g}$$

冷却到 20°C 时得 KNO_3 晶体为: $5\text{ g}-0.771\text{ g}=4.23\text{ g}$

$$\text{收率}:\frac{4.23\text{ g}}{5\text{ g}}\times 100\% = 84.6\%$$

这样,可将两者基本上完全分开,得到了各自纯度较高的晶体,收率都在80%以上。

(收稿日期:2015-01-26)

而要在准确领会教材编写者意图的基础上,充分认识到该实验的地位和作用,合理挖掘,创新使用,达到用“教材教”的目的。教材将该实验安排在此,除了让学生再认识碳酸钠这种常用物质外,还承载着另一个重要的功能:为下一课时“离子反应”的教学做准备。

碳酸钠与盐酸反应本质上是离子间的反应:第一阶段是 CO_3^{2-} 与 H^+ 反应生成 HCO_3^- ,并无气泡;第二阶段 HCO_3^- 与 H^+ 反应生成 CO_2 ,才产生气泡。如果采用教材上的实验方法,观察第一阶段“没有气泡”的现象非常困难,导致学生对碳酸钠与酸反应的本质认识模糊,理解不清,也不利于后续的“离子反应”教学。

二、创新实验方法

教学应在学生已有认知基础上,注重方法的指导和能力的培养。采用数字化实验方法,能使碳酸钠与盐酸反应的过程“可视化”,明显降低教学难度,解决常规实验手段不能解决的难题。既突出了该课时的重点,也有利于突破该课时的难点。具体操作步骤如下:

(1) 连接数据采集器、pH 传感器、pH 电极、滴数传感器并与计算机相连。

(2) 向烧杯中加入 30 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的碳酸钠溶液,将磁力搅拌子放入烧杯中。烧杯置于搅拌器上,将 pH 电极置于烧杯里的碳酸钠溶液中。向针筒滴管中加入 40 mL $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸。

(3) 打开计算机上的数字化实验软件,进行滴数、表格和绘图设置。平铺窗口,可在显示屏上同时看到滴数、pH、体积和 V-pH 曲线图。开启搅拌器的开关,注意不要让磁子触碰电极。观察 pH 窗口显示的数值,即碳酸钠溶液的 pH。

(4) 打开滴管的旋塞,逐滴加入盐酸,滴速不要过快,观察。当 pH 下降至接近 1 时,关闭旋塞,点击“停止”,处理并保存图像。

(5) 将烧杯内溶液改为 30 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的碳酸氢钠溶液,重复以上实验。

三、结果分析

根据实验所得图 1、图 2,对比分析可知:碳酸钠与盐酸反应的第二突跃与碳酸氢钠与盐酸反应的突跃非常相似,从而引导学生得出该反应的本质:

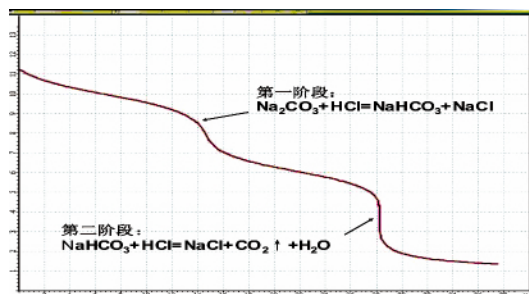


图 1 碳酸钠与盐酸反应的 V-pH 图像

图 1 碳酸钠与盐酸反应的 V-pH 图像

第一阶段:



第二阶段:

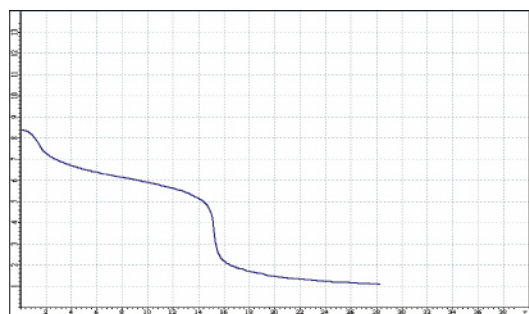
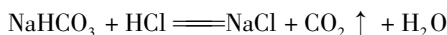


图 2 碳酸氢钠与盐酸反应的 V-pH 图像

图 2 碳酸氢钠与盐酸反应的 V-pH 图像

数字化实验是信息时代背景下教育信息技术与化学学科相互融合的产物。借助计算机软件系统和传感技术可将一些化学反应的现象如颜色的变化、气体的产生、溶液酸碱性的变化、离子浓度的变化等实时转换为数字、图像等可监测的信号,帮助人们更深入地研究化学现象背后的反应本质和规律,具有先进、便捷、实时、准确、综合、直观等特点。与普通的化学实验相比,数字化实验具有操作方法简便、实验现象明显、实验过程绿色化等优点。

本实验改进了“观察”方法,增加了对比实验。用传感器实时采集反应过程中溶液的 pH 数据,由计算机软件自动生成溶液 pH 随盐酸体积变化的图像,直观、准确地展现了碳酸钠与盐酸反应的全过程,精确地揭示了反应的数量关系,将定性实验升华为定量实验,从而使更深刻地认识反应的本质,提升学生学习化学的兴趣。

(收稿日期:2015-01-25)