

硅酸钠溶液与酸反应的实验探究

徐小健

(南通大学附属中学, 江苏南通 226019)

摘要: 通过对硅酸钠溶液与盐酸反应的最佳实验操作方法以及硅酸钠溶液和二氧化碳反应生成硅酸凝胶实验的探究, 得出制备硅酸凝胶的几种可行的实验方法, 以及硅酸钠溶液与二氧化碳反应所生成的钠盐种类。

关键词: 硅酸钠溶液; 二氧化碳; 硅酸凝胶; 实验探究

文章编号: 1005-6629(2018)4-0072-03

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

人教版教材《化学1》第四章第一节中设计了硅酸钠溶液与盐酸反应制取硅酸胶体的实验, 其内容为: “在试管中加入 3~5 mL Na_2SiO_3 溶液(饱和 Na_2SiO_3 溶液按 1:2 或 1:3 的体积比用水稀释), 滴入 1~2 滴酚酞溶液, 再用胶头滴管逐滴加入稀盐酸, 边加边振荡, 至溶液红色变浅并接近消失时停止, 静置。^[1]”教材中的实验并未提到盐酸的浓度, 如果温度较低时按照教材中的实验方案进行实验需等待较长时间, 甚至还需要水浴加热。此外, 由于硅酸的酸性比碳酸还弱, 那么 Na_2SiO_3 溶液能不能与 CO_2 反应? 能不能也产生凝胶状的硅酸? 反应生成什么钠盐? 为弄清楚这些问题, 特对 Na_2SiO_3 溶液与酸反应的情况做如下探究。

1 硅酸钠溶液与盐酸反应生成硅酸凝胶的实验研究

硅酸在不同的浓度、温度和 pH 下, 以不同的程度缩水聚合成各式硅酸, 其结构有开链的, 有环状的, 也有立体网状的。其通式是 $x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ 。通常将硅酸写成 H_2SiO_3 只是笼统地代表所有硅酸而已。形成硅酸凝胶不仅与溶胶的聚合度有关, 也与其交联度有关, 一般来说在各种硅酸中

H_2O 与 SiO_2 的比值越小, 其交联度和聚合度就越大, 即越容易凝聚^[2]。选用什么浓度的溶液进行实验比较合适呢? 考虑到无论是演示实验还是学生分组实验, 实验现象应尽可能快速、明显, 所以选用饱和 Na_2SiO_3 溶液和 6~7 mol/L 盐酸进行实验, 达到了预期的实验效果。

1.1 向饱和 Na_2SiO_3 溶液中加入盐酸 实验操作及现象如表 1 所示。

表 1 实验操作及现象

序号	实验操作	实验现象
①	向 1 mL 饱和 Na_2SiO_3 溶液中滴加盐酸, 不振荡或轻轻振荡	立即产生白色沉淀
②	向 1 mL 饱和 Na_2SiO_3 溶液中滴入 1~2 滴酚酞, 再逐滴滴入盐酸, 边滴边振荡	滴入酚酞溶液后溶液变红, 逐滴滴入盐酸时, 溶液红色逐渐变浅, 当滴入某 1 滴盐酸后, 迅速凝成凝胶状固体
③	向 1 mL 饱和 Na_2SiO_3 溶液中逐滴滴入盐酸, 边滴边振荡	当滴入某 1 滴盐酸后, 迅速凝成凝胶状固体
④	向 1 mL 饱和 Na_2SiO_3 溶液中倒入约 5 mL 盐酸	无明显现象

参考文献:

[1] 姚子鹏主编. 高级中学课本·化学(高一年级第二学期)(试用本)(第1版)[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2007: 45~46

[2][3] 任丽曼. 高中生化学平衡学习困难的因素分析[D]. 上海: 上海师范大学硕士学位论文, 2010.

[4] 唐红珍. 高中化学定量实验能力培养的教学策略[J]. 化学教学, 2017, (6): 49~52.

[5] 张映明. 氯气与水的歧化反应是可逆反应[J]. 化学教学, 2015, (2): 91~94.

[6] 李猛, 王世存. 氯气制备及性质实验一体化设计[J]. 化学教学, 2016, (8): 63~65.

[7] 薛青峰. 基于问题导引图示教学法的实践与反思[J]. 化学教学, 2017, (6): 57~59.

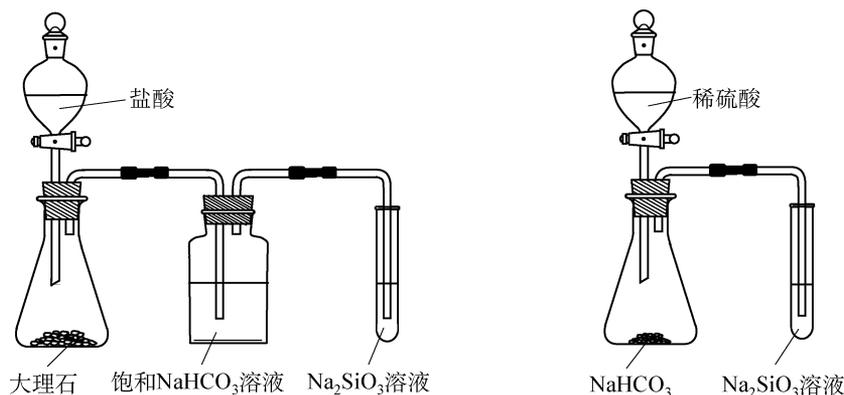
[8] 杨海艳. 高中化学教材非实验内容实验化的探索[J]. 化学教学, 2016, (2): 72~74.

1.2 向盐酸中加入饱和 Na_2SiO_3 溶液

实验操作及现象如表 2 所示。

表 2 实验操作及现象

序号	实验操作	实验现象
⑤	向 1 mL 盐酸中,滴入 1~2 滴酚酞,再逐滴滴入饱和 Na_2SiO_3 溶液,边滴边振荡	开始无明显现象,当溶液变为浅红色时,迅速凝成凝胶状固体
⑥	向 1 mL 盐酸中逐滴滴入饱和 Na_2SiO_3 溶液,边滴边振荡	开始无明显现象,当滴入某 1 滴饱和 Na_2SiO_3 溶液后,迅速凝成凝胶状固体
⑦	向 1 mL 盐酸中倒入约 5 mL 饱和 Na_2SiO_3 溶液	迅速凝成凝胶状固体

图 1 Na_2SiO_3 溶液与 CO_2 反应的组合装置

2.1.2 实验处理

如果用大理石与盐酸反应制取 CO_2 气体,由于 CO_2 气体中混有的 HCl 气体能与 Na_2SiO_3 溶液反应,所以须将其通过饱和 NaHCO_3 溶液除去,再通入 Na_2SiO_3 溶液中,如图 1 所示。这样实验装置较为复杂,建议采用 NaHCO_3 固体与稀硫酸反应或加热 NaHCO_3 固体制取 CO_2 ,从而简化实验装置。

2.1.3 操作与现象

向试管内加入约 2 mL 饱和 Na_2SiO_3 溶液,通入 CO_2 气体。几分钟后溶液上方试管内壁有白色固体产生,停止通气,静置片刻,可观察到试管内液体凝成凝胶状固体。值得注意的是,如果长时间持续通入 CO_2 气体,反而难以形成凝胶状固体。

2.2 用软饮料瓶进行实验

由于饱和 Na_2SiO_3 溶液中通入 CO_2 气体产生

所以,如果只想让学生了解 Na_2SiO_3 溶液与盐酸反应产生沉淀,只需采用实验①的做法;如果想观察到凝胶状固体,可以采用实验③、⑥或⑦的做法;如果想让学生了解 Na_2SiO_3 溶液呈碱性,可以向其中滴入 1~2 滴酚酞,采用实验②或⑤的做法。

2 硅酸钠溶液与碳酸反应生成硅酸凝胶的实验研究

由于碳酸的酸性强于硅酸,所以从理论上说, Na_2SiO_3 溶液可以与 CO_2 反应生成硅酸。向久置的硅酸钠溶液中滴加盐酸,有气泡生成^[3],亦可说明 Na_2SiO_3 溶液能与 CO_2 反应。

2.1 用组合装置进行实验

2.1.1 实验装置

实验装置如图 1 所示。

硅酸凝胶耗时较长,不适合课堂演示,所以对该实验进行改进。取一个 350 mL 软饮料瓶,洗净后晾干,用向上排空气法收集满 CO_2 气体备用。拧开瓶盖,向瓶内加入 1~2 mL 饱和 Na_2SiO_3 溶液,迅速拧紧瓶盖,充分振荡,可以观察到饮料瓶逐渐变瘪,并能感知到瓶壁微热,说明该反应放热。振荡 1 分钟左右,将瓶子倒置在桌上约 1 分钟,拧开瓶盖,可以观察到瓶盖内产生白色透明、软而有弹性的凝胶状固体。垫一薄层保鲜膜,即可用手进行触摸(也是一次感悟化学、与化学亲密接触的机会)。显然,用软饮料瓶进行实验,速度更快、效果更好、趣味性更强。

3 硅酸钠溶液与碳酸反应生成钠盐的实验研究

3.1 理论分析

查得 H_2CO_3 的电离常数 $K_{a1} = 4.3 \times 10^{-7}$ 、

$K_{a2} = 5.61 \times 10^{-11}$, H_2SiO_3 的电离常数 $K_{a1} = 2.2 \times 10^{-10}$ 、 $K_{a2} = 2 \times 10^{-12}$ [4]。由于电离 H^+ 的能力 $H_2CO_3 > H_2SiO_3 > HCO_3^-$, 所以向 Na_2SiO_3 溶液中通入 CO_2 气体时, 应该生成 H_2SiO_3 和 HCO_3^- , 而不生成 CO_3^{2-} 。

然而, 目前仍有部分教师根据经验认为, 向 Na_2SiO_3 溶液中通入 CO_2 气体除了生成硅酸外, 生成的钠盐与 CO_2 的用量有关, 通入少量 CO_2 气体时, 生成 Na_2CO_3 , 通入足量 CO_2 气体时, 生成 $NaHCO_3$ 。实际情况如何呢?

3.2 实验探究

3.2.1 思路分析

由于 Na_2SiO_3 溶液中通入少量 CO_2 气体时, 溶液中还有大量过量的 Na_2SiO_3 , 难以直接检验出生成的是 $NaHCO_3$ 还是 Na_2CO_3 。那么换个角度, 可以探究 H_2SiO_3 能不能与 Na_2CO_3 反应。目前普遍认为酸与盐发生复分解反应时一般要求酸可溶, 盐可以不溶。那么 H_2SiO_3 能不能与 Na_2CO_3 反应呢? 当然也可以探究 Na_2SiO_3 能不能与 $NaHCO_3$ 反应。

3.2.2 实验步骤与现象

(1) 用饱和 Na_2SiO_3 溶液与盐酸或 CO_2 制取硅酸凝胶。

(2) 将凝胶用玻璃棒搅碎后, 加入蒸馏水, 振荡, 弃去上层液体, 重复 2~3 次。

(3) 向洗净后的硅酸中加入蒸馏水, 振荡, 分为两等份, 一份加入足量的饱和 Na_2CO_3 溶液, 另一份加入等量的水做对比实验。将两份混合物充分振荡, 为了加快反应速率, 可以在酒精灯火焰上适当微热, 观察到加有饱和 Na_2CO_3 溶液的硅酸逐渐溶解。

(4) 取 3 mL 饱和的 Na_2SiO_3 溶液于试管中, 向试管中加入 2 mL 饱和的 $NaHCO_3$ 溶液, 振荡试管^[5], 放置一段时间或水浴加热一段时间, 均未见明显现象。

3.2.3 实验结论与延伸

(1) 实验结论

实验现象表明, H_2SiO_3 能与 Na_2CO_3 溶液反应, Na_2SiO_3 与 $NaHCO_3$ 溶液无明显现象, 可说明 Na_2SiO_3 溶液中通入少量 CO_2 气体时, 应该生成 H_2SiO_3 与 $NaHCO_3$ 。

(2) 拓展延伸

① 既然 H_2SiO_3 能与 Na_2CO_3 溶液反应, 而相同条件下, Na_2SiO_3 溶液的碱性强于 Na_2CO_3 溶液, 那么 H_2SiO_3 能与 Na_2SiO_3 溶液反应吗? 鉴于此, 将 3.2.2 实验中的“饱和 Na_2CO_3 溶液”换成“饱和 Na_2SiO_3 溶液”进行探究, 实验现象与之相似, 说明 H_2SiO_3 能与 Na_2SiO_3 溶液反应生成酸式盐。

② 受 $Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O = 2NaHCO_3$ 知识的影响, 有人理所当然地认为向酸性弱于碳酸的酸所对应的盐溶液中通入 CO_2 气体, 都应该先生成碳酸盐, 后生成碳酸氢盐。其实不然, 能不能生成碳酸盐, 取决于酸的酸性是否比 HCO_3^- 还弱。常见酸性弱于碳酸的酸除了硅酸外, 还有 $HClO$ 、-OH 和 $Al(OH)_3$ 等, $HClO$ 、-OH 和 $Al(OH)_3$ 的酸电离平衡常数分别为 2.98×10^{-8} 、 1.1×10^{-10} 、 6.3×10^{-13} , 可以看出, 其中酸性弱于 HCO_3^- 的只有 $Al(OH)_3$, 所以向 $NaAlO_2$ 溶液中通入 CO_2 气体时, 生成的钠盐才与 CO_2 量有关, 而向 Na_2SiO_3 、 $NaClO$ 或 -ONa 溶液中通入 CO_2 气体时, 生成的钠盐与 CO_2 量无关, 应该生成 $NaHCO_3$ 。

在当前提倡以核心素养为导向的化学教学中, 教师在备课时需进一步加强批判性思维和发散性思维, 敏锐地捕捉教学中的疑点, 精心设计教学方案。教学时应引导学生参与其中, 发挥学生的主体作用, 让设计的教学方案更加完善, 然后再通过实验进行研究, 进而得出结论。相信只要持之以恒, 教师和学生的思维品质和研究水平一定会得到较大程度的提升。

参考文献:

[1] 宋心琦主编. 普通高中课程标准实验教科书·化学 1[M]. 北京: 人民教育出版社, 2007: 76.

[2] 阳智纯.“硅酸钠与盐酸反应”最佳实验条件的探究[J]. 化学教学, 2008, (7): 11~13.

[3] 张道年. 久置硅酸钠溶液的“另类”现象[J]. 化学教学, 2011, (2): 43.

[4] 北京大学等. 无机化学(下)(第4版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 567, 578.

[5] 朱正德. 从制备硅酸凝胶的实验探究谈“强酸制弱酸”规律[J]. 化学教学, 2013, (5): 49~50.