



运用数字化实验技术探究凝聚法制备氢氧化铁胶体的过程

魏 钊^{1,2*} 赵国勇³ 孙玉婷⁴

(1. 华中师范大学教师教育学院 湖北武汉 430079; 2. 武汉市常青第一中学 湖北武汉 430040;

3. 华中师范大学第一附属中学 湖北武汉 430223; 4. 武汉市常青树实验学校 湖北武汉 430023)

摘要 利用数字化实验技术,对氢氧化铁胶体和氯化铁溶液进行了电导率、pH、光照度等性质的测试和比较。通过实验,学生观察到电导率、pH、光照度等数据的差异,直观地感受到实验中电导率、pH、光照度的变化过程,从而认识溶液和胶体的不同。

关键词 数字化实验 氢氧化铁胶体 电导率 光照度 pH

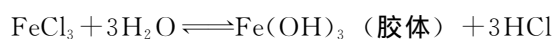
DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2016040070

1 问题的提出

人教版普通高中教材《化学1》第二章第一节“科学探究”栏目有一个实验,向烧杯中加入25 mL蒸馏水,将烧杯中的蒸馏水加热至沸腾,向沸水中逐滴加入5~6滴饱和氯化铁溶液。继续煮沸至溶液呈红褐色,停止加热。观察制得的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体,并利用丁达尔效应来鉴别 CuSO_4 溶液和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体^[1]。

这个实验可以作为教师的课堂演示实验,有条件的学校也把这个实验作为学生实验。学生制备得到氢氧化铁胶体后,可以用丁达尔效应来检验是否成功制得产品。从外观上看,饱和氯化铁溶液和氢氧化铁胶体并没有太多不同^[2]。利用数字化实验技术,设计一组实验,探究用凝聚法制备氢氧化铁胶体的过程中体系的电导率、pH、光照度等性质的变化过程,从多角度认识氢氧化铁胶体的制备过程及氢氧化铁胶体的性质,更深入理解利用氯化铁水解来制备氢氧化铁胶体的原理。

2 实验原理



3 实验过程

3.1 仪器与药品

仪器: Kebeilab 软件、pH 传感器、高温 pH 探头、高温电导率探头、电导率传感器、光照度传感器、USB 连接线、USB-HUB、磁力搅拌器、烧杯、胶头滴管。

药品: 蒸馏水、 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、pH=4.00 的邻苯二甲酸氢钾标准缓冲溶液、pH=6.86 的混合磷酸盐标准缓冲溶液。

3.2 实验步骤

(1) 将 92.0 g 的 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 固体溶于 100 mL 蒸馏水中(查兰氏化学手册第十五版可知:20℃时, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 的溶解度为 91.8 g),制得饱和氯化铁溶液备用。

(2) 把 pH 传感器、高温 pH 探头用 USB 连接线连接到电脑,打开 Kebeilab 软件。实验装置见图 1。

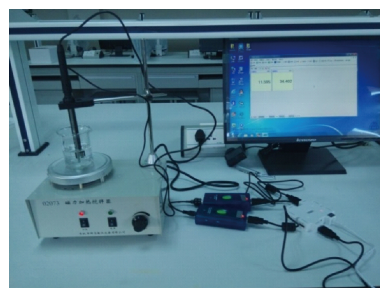


Fig. 1 Experiment device

图 1 实验装置

(3) 打开软件标定菜单,先后用 pH=4.00 的邻苯二甲酸氢钾标准缓冲溶液、pH=6.86 的混合磷酸盐标准缓冲溶液标定 pH 探头。

(4) 打开“图形”菜单,出现一个二维图表,依次编辑横轴各图标,将坐标项绑定为时间,单位为“秒”,数值范围设为:0~70。编辑纵轴各图标,将坐标项绑定为 pH 探头,数值范围设为 0~8,勾选“连线”和“画点”2 个选项。实验开始后,软件将自动在图像上连续作图。

(5) 将 25 mL 蒸馏水加入小烧杯中,加热至沸腾。插入 pH 探头,打开传感器开关,软件显示侦测到的传感器类别为“pH 探头”。点击“开始”按钮,软件开始作图,10 s 时,用胶头滴管滴入 1

* 通信联系人, E-mail: interhalogen@sina.com

滴饱和氯化铁溶液,以后再连续滴入 5 滴饱和氯化铁溶液。观察到溶液变成红褐色后,将小烧杯移开,停止加热。此时软件已经自动做出图像。

(6) 向另一个小烧杯中加入 25 mL 蒸馏水,滴入 6 滴饱和氯化铁溶液,得浅黄色的氯化铁稀溶液,以氯化铁稀溶液作为空白实验,与制得的氢氧化铁胶体作对比。

(7) 将制得的氢氧化铁胶体用红色激光笔检测,出现丁达尔效应,见图 2。

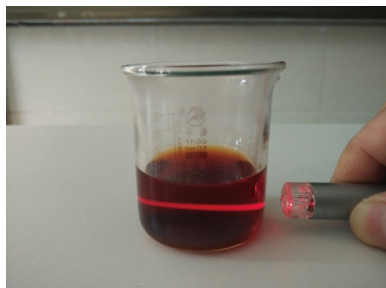


Fig 2 Tyndall effect of ferric hydroxide colloid

图 2 氢氧化铁胶体的丁达尔效应

(8) 将 pH 计电极清洗后,插入空白实验的氯化铁稀溶液中,重复第 5 步,得到图 3。

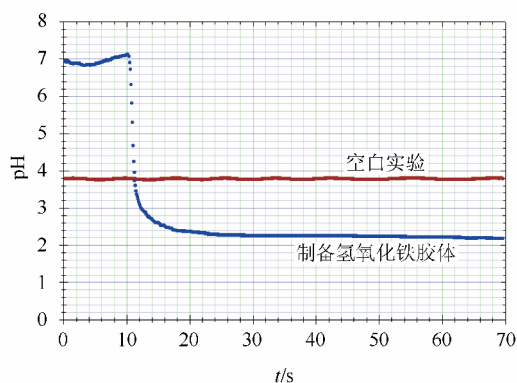


Fig 3 Comparison of pH of 6 drops of saturated ferric chloride solution was dripped into normal temperature distilled water (blank experiment) and boiling water

图 3 将 6 滴饱和氯化铁溶液分别滴入常温的蒸馏水 (空白实验) 和沸水的 pH 对比

(9) 同理,换电导率传感器,重复 (4) (5) 步骤,探究制备氢氧化铁胶体过程中电导率变化的规律。

(10) 将电导率电极清洗后,插入空白实验的氯化铁稀溶液中,重复第 (5) 步,得到图 4。

(11) 分别用光照度传感器测试氢氧化铁胶体和饱和氯化铁溶液,可测出光照度数据。氢氧化铁胶体: 28.301, 饱和氯化铁溶液: 64.012。光照度数据大,说明体系颜色较浅,透光性能更好。

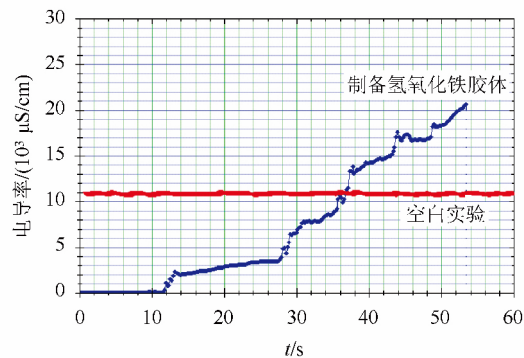


Fig 4 Comparison of conductivity of 6 drops of saturated ferric chloride solution was dripped into normal temperature distilled water (blank experiment) and boiling water

图 4 将 6 滴饱和氯化铁溶液分别滴入常温的蒸馏水 (空白实验) 和沸水的电导率对比

4 研究结果与讨论

(1) 文献记录了多种方法制备氢氧化铁胶体^[3-6]。向沸腾的蒸馏水中逐滴滴入饱和氯化铁溶液制备氢氧化铁胶体属于化学凝聚法^[7]。利用氯化铁在加热条件下水解制备得到氢氧化铁胶体。这种方法制备的胶体稳定性不太好,完成后续的丁达尔效应完全可以,电泳实验可能效果不太好。但相对于其他方法,这个方法简单易行,适合在课堂上演示,用时少,现象明显。故多年来教材一直是用这个方法制备氢氧化铁胶体。

(2) 使用数字化实验技术,利用多种传感器研究凝聚法制备氢氧化铁胶体,可以帮助学生更深入理解制备过程的水解原理。利用氯化铁稀溶液为空白实验,与加热后制得的氢氧化铁胶体作对比,可清晰说明,加热后氯化铁的水解平衡右移,生成颜色更深的氢氧化铁,控制好加热时间,不会看到氢氧化铁的沉淀,利用丁达尔效应这一胶体的光学性质,可以说明制得的红褐色液体实为氢氧化铁胶体。图 3 是制备过程中体系的 pH 变化,可以用曲线表征直观地说明体系因水解酸性增强, pH 减小。

加热后氯化铁的水解平衡右移,控制好加热时间,可以生成氢氧化铁胶体,可是恢复到室温后,水解平衡并不会重新回到原来的程度。有学者认为是三价铁离子六水合络离子羟基化的过程^[8]。也有学者提出,是生成 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ^[9]。

(3) 有文献提出,肉眼难以分辨饱和氯化铁溶液和氢氧化铁胶体^[2]。可以利用光照度传感器量化,比较精确地分辨二者。

(4) 查阅使用说明书得知,电导率探头的使用

温度范围为: 0~80 °C, 如果温度低于 5 °C 或者高于 35 °C, 需要较长时间等待温度补偿功能, 以调整和输出稳定的电导率读数。pH 探头的使用温度范围为: 5~80 °C。在沸水中使用电导率探头和 pH 探头, 会导致读数不精确, 而且会对电极造成不可修复的损害。但是本实验要求必须在沸水中使用, 所以我们选择了高温 pH 探头和高温电导率探头。高温 pH 探头采用 Ag/AgCl 与凝胶电解质盐桥组成的参比系统, 具有稳定的半电池电位, 可与国内外各种 pH 仪表直接配套使用, 适应温度为: 0~130 °C。高温电导率探头的适应温度为: 0~100 °C。

(5) 实验注意事项: 本实验有一定的难度, 所以在使用数字化实验仪器前, 应仔细阅读使用说明书, 熟练使用软件。实验过程中, 应注意把实验数据和实验图像的模板存盘, 可供后续实验使用。电

导率传感器和 pH 传感器均和相应的电极配套使用, 电极使用后, 应清洗干净, 置于盛有饱和氯化钾溶液的储存瓶中来长期保存。

参 考 文 献

- [1] 宋心琦. 普通高中课程标准实验教科书: 化学 1 (必修). 北京: 人民教育出版社, 2007: 26
- [2] 靳建华, 朱楠. 中学化学教学参考, 2015 (5): 52—54
- [3] 许燕红, 苏宏岩, 蒙焕利, 等. 中学化学教学参考, 2011 (4): 54
- [4] 黎茂坚. 化学教育, 2009, 30 (9): 52—54
- [5] 阮秀琴, 尹家卉. 化学教育, 2015, 36 (10): 29—31
- [6] 李远志. 大学化学, 1999, 14 (5): 32
- [7] 傅献彩, 沈文霞, 姚天扬. 物理化学. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 1990: 994
- [8] Lieser K H. Angew. Chem. Int. Ed. Engl., 1969, 8: 188
- [9] 严宣申. 化学教育, 2006, 27 (8): 33, 38

Using Digital Technology to Inquire Preparation Process of Ferric Hydroxide Colloid Through Coagulation

WEI Zhao^{1,2*} ZHAO Guo-Yong³ SUN Yu-Ting⁴

(1. School of Teacher Education, Central China Normal University, Wuhan 430079, China;

2. Wuhan Chanqing No. 1 High School, Wuhan 430040, China; 3. No. 1 Middle School Affiliated to Central China Normal University, Wuhan 430223, China; 4. Wuhan Changqingshu Experimental School, Wuhan 430023, China)

Abstract Using digital technology, this paper tested the conductivity, pH and illuminance of $\text{Fe}(\text{OH})_3$ colloid and FeCl_3 solution. Through the experiments, students observed the data difference and change process of conductivity, pH and illuminance, and then understood the difference between colloid and solution.

Keywords digital experiment; ferric hydroxide colloid; conductivity; illuminance; pH