

关于化学实验教学中 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 制备的几点思考

江苏省通州高级中学 226300 赵佳越

$\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的制备是高中化学实验教学的难点之一。若课堂上按照教材选用的实验仪器和实验方法进行操作,一般情况下先观察到灰绿色沉淀的产生,放置一段时间后沉淀慢慢转化成红棕色,始终无法观察到白色絮状沉淀的产生。书本知识要求学生掌握 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的不稳定性,易被空气中的氧气氧化,这样快速的转化的过程和书本上“白-灰绿-红褐色”的三色转变矛盾,直接影响学生对新知识的理解,容易产生理解的误区。

一、发现问题,初定解决方案

学生天生具有强烈的好奇心,面对实验现象的异常,自然产生思考制备的 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 白色沉淀去哪里了。通过实验制备这种白色沉淀也就成为了他们想要来解释疑惑的最佳途径。于是笔者让学生从反应物和生成物的本身入手,首先思考问题的所在,设计合理的实验方案,最后走进实验室制备产品。

学生通过书本知识获知, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 实验制备的关键在于如何营造无氧环境。总结除氧方法主要有以下三种:加热煮沸溶液,赶尽其中的溶解氧;采用有机溶液形成液封,避免空气中的氧气进入;在胶头滴管吸取 NaOH 溶液后,把尖嘴直接伸入亚铁盐溶液中再挤出。

大多数学生集中采取了其中的改进方法进行实验,步骤如下:

1. 为了防止使用的亚铁盐溶液被氧化,采用铁粉和煮沸过的稀硫酸现配 FeSO_4 溶液。
2. 将反应产生的 FeSO_4 溶液取出,加入植物油形成液封。
3. 用胶头滴管趁热吸取 NaOH 溶液,伸入液面以下,挤出 FeSO_4 溶液。

大多数学生在实验过程中,几乎看不到白色沉淀的产生。其中一组学生为了尽可能地除尽溶液中的溶解氧,对反应制备生成的 FeSO_4 溶液加

热,结果无论怎样操作都得不到白色沉淀。在植物油和水溶液交界处一开始就看到明显的红褐色沉淀,这可能是 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 已经快速的被氧化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。说明通过这样的方法除氧制备白色的氢氧化亚铁沉淀有待研究。如何才能延长看到 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 白色絮状沉淀的时间,先前拟定的实验方案有待进一步改进。

二、查阅资料,分析理论数据

$\text{Fe}(\text{OH})_2$ 易被空气中的 O_2 氧化,发生反应:



此时 O_2 的浓度成为了关键影响因素。在 25°C 、 $1.01 \times 10^5 \text{Pa}$ 时:

$$\Delta G_m^\ominus(\text{Fe}(\text{OH})_2) = -486.6 \text{kJ/mol}$$

$$\Delta G_m^\ominus(\text{Fe}(\text{OH})_3) = -699 \text{kJ/mol}$$

$$\Delta G_m^\ominus(\text{H}_2\text{O}) = -237.2 \text{kJ/mol}$$

根据 $\Delta G_m^\ominus = -RT \ln K_p$,可计算出反应自发进行时最少需要的 O_2 浓度为 $8.5 \times 10^{-48} \text{mol/L}$ 。这个数据表明,做到绝对的除氧才能控制反应的进行。同时, Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 在水溶液中也易水解,溶液的酸碱性也成为影响反应进行的因素(见表1)。

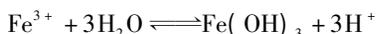
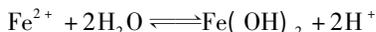
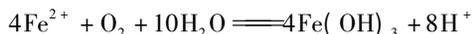


表1 pH对沉淀形式的影响

名称	溶液的 pH	
	沉淀完全	开始沉淀
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	7.5	9.7
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	2.3	4.1

在含有 Fe^{2+} 的溶液中还存在着这样的化学平衡:



由此看出溶液的碱性越强 Fe^{2+} 越容易被氧化。一般认为 $\text{pH} < 5.5$ 时几乎不被氧化。但是开始生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$,溶液的 pH 处于 Fe^{2+} 迅速被氧化的范围内,因此控制溶液的 pH 也至关重要。

在溶液中 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 以沉淀析出时,不同晶型呈现不同的颜色。当沉淀为六方晶型时,颜色为苍绿色;当沉淀为无定形时,颜色为白色。而 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 形成无定形沉淀时,颗粒直径在 $2 \times 10^{-6} \text{ m}$ 以下,在可形成的沉淀形式中颗粒最小。韦曼·冯(Weimaarn·V)对硫酸钡沉淀的研究结果表明相对过饱和度越大则形成沉淀的初速度越大,那么生成的晶核数目就越多,也就越易形成无定形沉淀,反之越容易形成晶型沉淀。如果要得到 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 白色絮状沉淀,必须尽量避免出现六方晶型沉淀,形成无定形沉淀。那么在制备过程中必须要设法增加形成沉淀的初速度,即增加溶液中反应物混合时瞬时产生的总浓度。即只有当 FeSO_4 溶液的浓度达到一定程度且要适当快速地注入氢氧化钠溶液时,才能生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的无定形白色沉淀。

三、解决问题,实现最终实验

根据理论知识可推测实验过程中看不到白色沉淀的原因:

1. 采取铁粉和煮沸过的稀硫酸制备过程中生成的 FeSO_4 浓度太低,不能使溶液中混合反应物瞬间总浓度足够大,只能得到苍绿色的氢氧化铁六方晶型沉淀。

2. 在加热煮沸后立刻进行实验,可能促进了 Fe^{2+} 氧化过程,根本看不到白色沉淀的产生。

于是笔者课后进行了表2、表3所列的改进实验探究,比较浓度、温度对白色沉淀的产生的影响。

表2 不同浓度 FeSO_4 的溶液

组别	Fe 粉的质 量/g	8mol/L 硫酸	制备产物	取上层清液后加入植 物油,形成液封,采取 深入法加入 3 mol/L NaOH 溶液
1	1.4		溶液无明显颜色	沉淀一开始即为灰绿色
2	2.8			看到白色的瞬间迅速 转化为灰绿色
3	4.48	体积	浅绿色	
4	5.6	10mL	溶液有明显的浅 绿色,且因为产 物浓度过大,	能在 10 s 内看到白 色沉淀,接着转化为 灰绿色,最终转化为 红褐色
5	8.4		FeSO_4 以晶体析出	

制备过程中,可采取如下的实验方法,可快速制备且延长看到白色沉淀的时间:

1. 从实验现象看出, FeSO_4 的浓度对白色沉

淀的产生有很大的影响。可配成室温条件下的 FeSO_4 饱和溶液中加入 NaOH 溶液,才可延长观察 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的时间。

表3 不同温度的沉淀制备反应现象

组别	反应温度/℃	实验方法	实验现象
1	30	25℃时饱和 FeSO_4 5mL 中	可观察到白 色沉淀
2	40	加入植物油形成液封,采	
3	50	取各组别温度水浴,再采	沉淀一开始 即为灰绿色
4	60	取伸入法加 NaOH 溶液	
5	70	先水浴后取出待冷却后重 复上述实验操作	可观察到白 色沉淀

2. 溶液加热除氧需冷却后才可使用,从实验操作角度来说较为繁琐。要做到降低氧气的浓度为最小,可加入维生素 C(化学式 $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$),其与氧气反应的方程式如下:



配制反应溶液时,用维生素 C 除去溶液中的溶解氧,营造无氧环境,既可防止所配制的 FeSO_4 溶液中的 Fe^{2+} 被氧化,又可避免加入碱性溶液时生成的 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 被氧化。

3. FeSO_4 溶液由于 Fe^{2+} 的水解呈酸性,可加入饱和 NaHCO_3 溶液替代 NaOH 溶液,此时产生的 CO_2 也营造了无氧环境。用此方法制备出的白色沉淀 5 min 内基本不变色。

4. 不建议轻易调节溶液的酸碱性,笔者发现实验过程中调节酸碱性操作不利于课堂实验,且操作不简便,也不利于白色沉淀的生成。

四、总结

在中学阶段,高中化学实验看似简单,但由于化学反应本身的多样、复杂且多变,有些实验的机理还未研究透彻,导致实验反应特征与实验知识相悖。由实验知识总结规律,进而再指导实验,是当代科学发展的一条道路。教师在课堂教学中如果不基于事物的客观事实,仅凭自己已有的知识经验主观地把想当然地理论当成真理传递给学生,而不是和学生一起探究知识的真谛,不利于培养学生理性的科学思维和创新精神。在课堂教学中,即使实验看似简单,也应当抱着严谨的科学态度去验证,以理论知识为基础,根据实验现象为探究反应本质,才能让学生体会到化学的奥妙,科研的乐趣。

(收稿日期:2015-11-25)