

化学与技术模块高考题的感悟

陕西省西安市第 89 中学 710003 董 啸

2015 年全国高考理综新课程卷 I (陕西、江西、山西、河南、河北、湖南、湖北等省采用) 第 36 题是考查化学选修 2 模块——化学与技术的一道选考题, 本文对该题作以解析。

题目 氯化亚铜(CuCl) 广泛应用于化工、印

染、电镀等行业。 CuCl 难溶于醇和水, 可溶于氯离子浓度较大的体系, 在潮湿空气中易水解氧化。以海绵铜(主要成分是 Cu 和少量 CuO) 为原料, 采用硝酸铵氧化分解技术生产 CuCl 的工艺流程如图 1 所示:

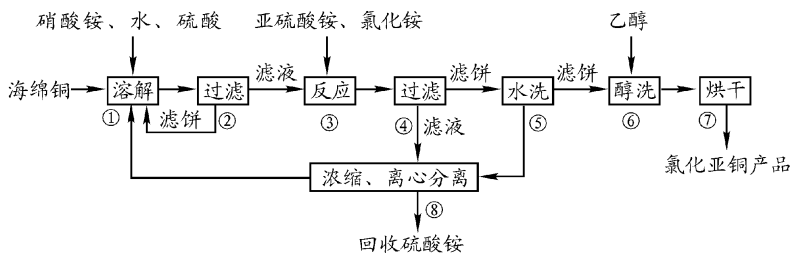


图 1

回答下列问题:

(1) 步骤①中得到的氧化产物是____。溶解温度应控制在 $60^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$, 原因是_____。

(2) 写出步骤③中主要反应的离子方程式_____。

(3) 步骤⑤包括用 $\text{pH} = 2$ 的酸洗、水洗两步操作, 酸洗采用的酸是____(写名称) 。

(4) 上述工艺中, 步骤⑥不能省略, 理由是_____。

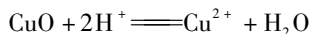
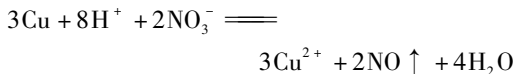
(5) 步骤②、④、⑤、⑧都要进行固液分离。工业上常用的固液分离设备有_____。

- A. 分馏塔 B. 离心机
C. 反应釜 D. 框式压滤机

(6) 准确称取所制备的氯化亚铜样品 $m \text{ g}$, 将其置于过量的 FeCl_3 溶液中, 待样品完全溶解后, 加入适量稀硫酸, 用 $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液滴定到终点, 消耗 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液 $b \text{ mL}$, 反应中 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 被还原为 Cr^{3+} 。样品中 CuCl 的质量分数为_____。

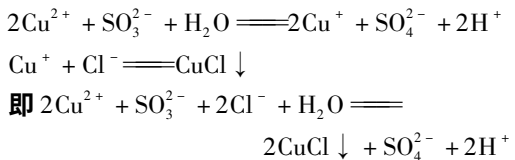
解题思路 题干简介了氯化亚铜(CuCl) 的用途、性质、工业制法。解题时要着重分析 CuCl 的性质, 看懂生产工艺流程图, 尤其要清楚工艺图中哪些步骤发生了化学反应, 哪些步骤属于分离、净化操作。

工艺分析 (1) 原料海绵铜用硝酸铵、水、硫酸溶解, 即步骤①发生的反应:



(2) 步骤②过滤, 滤饼主要是未反应的海绵铜, 可继续按步骤①溶解。滤液中的阳离子主要是 Cu^{2+} , 其次是 NH_4^+ , 阴离子主要是 SO_4^{2-} 。

(3) 对滤液进行反应③, 发生的反应为:



(4) 步骤④过滤的滤饼主要是产物 CuCl , 滤液的成分主要有 H_2SO_4 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 对该滤液浓缩、离心分离操作, 可将 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 与 H_2SO_4 分离, 分离出的 H_2SO_4 可用于步骤①, 作为反应物而溶解海绵铜。

(5) 对滤饼 CuCl 水洗, 洗掉的是 H_2SO_4 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 二者的分离、利用同步骤(4)的滤液处理方法, 或者将 CuCl 的水洗液合并于步骤④的滤液中。

(6) 由于水洗后的 CuCl 在空气中易水解氧化, 可再用乙醇洗 CuCl , 以加快除去 CuCl 表面的

水分,进而防止其水解、氧化。

(7) 醇洗后的 CuCl 滤饼,再经过烘干步骤,可得到 CuCl 产品。

回答问题 (1) 从上面的分析知海绵铜溶解过程中 Cu 被氧化,其氧化产物为 Cu^{2+} 或 CuSO_4 。而由于硝酸铵(铵盐)受热易分解,因而溶解时的反应温度不宜过高;但反应温度又不宜太低,太低了反应速率慢,即海绵铜溶解速度慢。故海绵铜溶解应控制在一个合适的温度范围内。

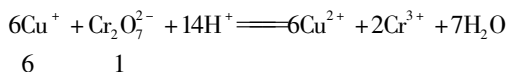
(2) 见上面的离子方程式。

(3) 从反应流程中可以看出,步骤⑤水洗时包括用 $\text{pH}=2$ 的酸洗,其酸洗的目的是防止 Cu^+ 的水解。便于除杂及水洗液的循环利用,酸洗应选用溶解海绵铜的硫酸。

(4) 醇洗的目的上面已分析。

(5) 对固液分离,题中给出了四个选项,可逐一分析。分馏塔用于液相的分离;反应釜是反应发生装置;离心机、框式压滤机用于固液分离。

(6) 由于氯化亚铜难溶于水,可溶于氯离子浓度较大的体系,因而将氯化亚铜样品置于过量的 FeCl_3 溶液中溶解;又由于 Cu^+ 易水解,加适量 H^+ (稀硫酸)可抑制 Cu^+ 的水解。用 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液滴定 Cu^+ 的方法是氧化还原滴定法,发生的反应及计量关系如下:



$$n(\text{Cu}^+) = a \times b \times 10^{-3}$$

$$n(\text{Cu}^+) = 6 \times a \times b \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{CuCl}) = n(\text{Cu}^+) = 6 \times a \times b \times 10^{-3} \text{ mol}$$

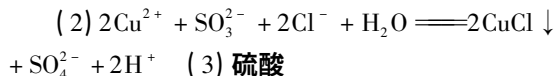
$$m(\text{CuCl}) = n(\text{CuCl}) \times M(\text{CuCl}) = 6 \times a \times b \times 10^{-3} \times 99.5 \text{ g} = 0.597 ab \text{ g}$$

$$\text{样品中 CuCl 的质量分数} = \frac{m(\text{CuCl})}{m} \times 100\%$$

$$= \frac{0.597ab}{m} \times 100\%$$

参考答案

(1) CuSO_4 或 Cu^{2+} 温度低溶解速度慢、温度过高铵盐分解



(4) 醇洗有利加快去除 CuCl 表面水分,防止其水解氧化

$$(5) \text{B、D} \quad (6) \frac{0.597ab}{m} \times 100\%$$

本题感悟 本题体现了化学与计术模块的教学要求,即从化工产品出发,让学生来认识基本化工生产过程中的一些问题,了解化学、技术与化工生产的关系。生产工艺的设计,依据的是物质的性质和化学反应原理,而解题的思路就是充分理解物质的性质,看懂工艺过程的每一个环节。

本题在设计时,将物质 CuCl 的性质集中说明,学生在理解时,不必抠得太仔细,如 Cu 在酸性介质中与 NO_3^- 反应,只要求知道氧化产物是 Cu^{2+} ,至于还原产物是 NO 还是 NO_2 甚或其他物质,不必考究。又如 CuCl 可溶于氯离子浓度较大的体系,为什么?其溶解后的 Cu^+ 以什么“物种”体现?这里可理解为在氯离子浓度较大的体系中,铜离子仍以简单的 Cu^+ 呈现。再如 CuCl 在潮湿空气中易水解、易氧化,可不了解具体的反应,只知道 Cu^+ 若水解,应有 H^+ 生成,加酸(H^+)可抑制 Cu^+ 的水解; Cu^+ 若被氧化,产物为 Cu^{2+} 。这一点正是第⑥问考查的层次。本题设计的六个小问题,考查的角度有所不同。第(1)问考查原料海绵铜溶解发生的反应;控制温度考查的是物质的性质和影响反应速率的一个条件。对于温度这个条件,学生易忽略铵盐易分解的性质,而只答出对溶解速率的影响。第(2)问完成主要反应的离子方程式,学生较为熟悉,只是有些学生会写成两步反应。第(3)问从酸洗的目的和工艺上考虑,不能选氧化性酸,也不应引入杂质,可选硫酸。第(4)问学生是了解的。第(5)问既是让学生区分选项中的仪器,也是从侧面考查学生的实验能力。第(6)问较难些,学生要从题干中理出配制 CuCl 溶液为什么在过量的 FeCl_3 溶液中,并加适量稀硫酸,学生还要能分析出发生的化学反应,并能完成这个反应的化学方程式。从该问的设计上,空上要填写的简单,但思考的东西却不太简单。

本题化学与技术模块特征明显,虽难度不太大,但有一定的区分度。

(收稿日期:2015-06-20)