

浓硫酸与锌反应产生氢气的验证及原因探究*

叶永谦^{1**} 张贤金² 吴新建²

(1. 福建省南安市侨光中学 福建南安 362314; 2. 福建教育学院化学教育研究所 福建福州 350025)

摘要 通过使用品红溶液、硫酸铜溶液及泡泡水等, 可以验证浓硫酸与锌粒在加热条件下有氢气生成。提出产生氢气的原因与浓硫酸的自偶电离有关, 并用多种金属进行验证。

关键词 浓硫酸 锌 氢气 自偶电离

DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2015090034

高中学习浓硫酸性质时, 有 1 道题目如下: 向盛有足量锌粒的试管中加入一定量浓硫酸, 写出反应过程中所发生的化学反应方程式, 并解释原因。该题参考答案是: 开始: $\text{Zn} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) = \text{ZnSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, 后来: $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$ 。原因是: 开始反应时, 浓硫酸表现出强氧化性, 还原产物是 SO_2 ; 随着反应进行, 硫酸不断被消耗, 不断生成水, 致使浓硫酸变为稀硫酸, 稀硫酸与锌发生置换反应, 还原产物是 H_2 。但是对于这道题目, 段昌平认为: 足量锌与一定量浓硫酸反应至后来不仅没有氢气产生而且反应还停止了。原因是生成的 ZnSO_4 覆盖在锌粒表面, 阻止了反应的进行, 浓硫酸未实质性被稀释, 产生氢气一说没有依据^[1]。关于浓硫酸与比较活泼的金属反应的还原产物, 大学教材《无机元素化学》描述如下: 浓硫酸是一种氧化性强酸, 加热时氧化性更强, 通常被还原为二氧化硫, 比较活泼的金属(如锌)也可以将浓硫酸还原为硫或者硫化氢^[2]。

关于段昌平的叙述, 通过实验进行验证, 在不加热的条件下, 现象确实如上所述。但是, 如果将反应条件改为加热, 是否真如《无机元素化学》所述? 或者先产生二氧化硫后产生氢气? 为了探究浓硫酸与锌在加热条件下反应的产物, 设计实验进行验证。

1 设计思路

反应物按题目的要求选择锌粒, 浓硫酸选择密度为 1.80 g/mL (20°C), 对应浓度为 86.7% 。针对气体产物可能是二氧化硫、硫化氢或者氢气, 选用品红溶液检验二氧化硫的存在, 选用硫酸铜溶液检验硫化氢气体的存在。

氢气的检验一般是将收集的气体进行燃烧实验, 通过其可燃性判断是氢气。但是燃烧前需进行

验纯, 而且如果无法形成连续的气流, 燃烧无法持续进行。如果采取爆鸣实验, 声音可能太小, 效果不明显。为了解决以上问题, 可以将收集到的气体通入溶有洗涤剂的溶液中形成气泡, 再点燃气泡, 通过气泡的燃烧和爆鸣声确定氢气的存在, 现象明显且没有安全隐患^[3]。由于硫化氢气体也可以燃烧并伴有爆鸣声, 对于检验氢气的方法可以收集反应产生的气体通入溶有泡泡水的硫酸铜溶液中形成气泡, 再观察气泡颜色。如果气泡为无色透明, 用燃烧着的木条靠近可以燃烧并发出爆鸣声, 则为氢气。如果气泡为黑色, 可以燃烧并伴有爆鸣声, 则为硫化氢气体。

2 实验装置

根据以上设计思路, 本实验使用医用点滴管进行加工, 制作成倒 Y 型一分为二的导气管, 分别插入品红溶液和滴有泡泡水的硫酸铜溶液中, 装置实物图如图 1 所示。



Fig. 1 The gas product testing device for reaction of concentrated sulfuric acid and zinc particles

图 1 浓硫酸与锌粒反应气体产物检验装置实物图

3 实验现象

往试管中加入 5 粒锌粒, 倒入 20 mL 左右浓硫

* 福建省教育科学“十三五”规划 2016 年度立项课题“高中化学学科核心素养培育研究”(课题编号: FJJKCG16-453)

** 通信联系人, E-mail: 15880968680@139.com

酸,加热。一段时间后,2个小烧杯内均有连续气体冒出,硫酸铜溶液表面有无色气泡形成。用燃烧着的香条靠近,气泡燃烧且伴有明显的爆鸣声。在试管的上方,还可以观察到有黄色蒸气生成(图2)。

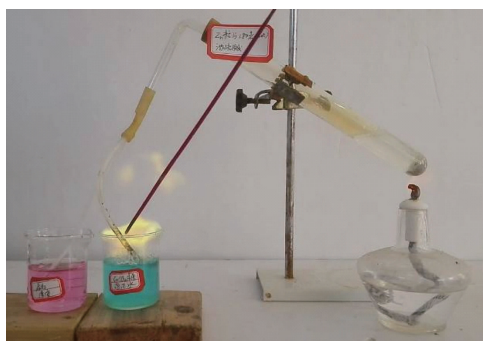


Fig. 2 The colorless bubbles burn and yellow steam is given off above the test tube

图2 无色泡沫燃烧,试管上方有黄色蒸气

根据以上实验现象,说明该浓度的浓硫酸与锌粒反应还原产物有氢气和硫。这个结果与前述题目、段昌平及《无机元素化学》所述均不相同。特别是有氢气的生成,更是令人疑惑。氢气的产生是否因为浓硫酸的浓度不够高?或者与所用的硫酸存在其他杂质有关?换用 1.84 g/mL (20 °C)、对应浓度为 98.0% 的浓硫酸,或者换用其他瓶相同密度的硫酸,反应现象依然如此,说明浓硫酸与锌反应确实可以产生氢气。而浓硫酸中主要存在硫酸分子,极少量的水也是以水合硫酸分子的形式存在,

表1 不同金属与浓硫酸反应的还原产物对比

Table 1 Comparison of reduction products of different metals react with concentrated sulfuric acid

	探究 1	探究 2	探究 3	探究 4	探究 5	探究 6	探究 7	探究 8
金属及形态	铝片	铝粉	锌粒	锌粉	铁丝	铁粉	铜片	铜粉
气泡颜色	先无色后黑色	先无色后黑色	无色	先无色后黑色	无色	无色	无色	无色
气泡燃烧与否	燃烧	燃烧	燃烧	燃烧	不燃烧	燃烧	不燃烧	不燃烧
品红溶液褪色与否	否	否	是	否	是	否	是	是
黄色物质生成与否	是	否	是	是	是	否	否	否
还原产物	H ₂ , H ₂ S, S	H ₂ , H ₂ S	H ₂ , S, SO ₂	H ₂ , H ₂ S, S	S, SO ₂	H ₂	SO ₂	SO ₂

注:探究3为上述做过的锌粒与浓硫酸的实验。

实验过程中,探究2为铝粉与浓硫酸反应,不加热无明显现象,加热后反应较为剧烈,为避免出现安全事故,反应后撤去酒精灯。探究6为铁粉与浓硫酸反应,不加热就可以反应,也可以产生气泡,但反应速度较慢,故而加热,使其反应加快,可以收集到大量气泡以便检验。

根据以上数据,可以看出铝片、铝粉、锌粒、

不存在氢离子,怎么会有氢气产生呢?

4 提出设想

活泼金属如钠、钾与浓硫酸在常温下反应可以产生氢气,相关研究认为:由于浓硫酸中含有少量水,钠、钾等与水电离的 H₃O⁺ 反应,生成了氢气和硫酸盐^[4-5]。但是,较为活泼的金属锌不与水反应,无法按照活泼金属产生氢气的原因进行解释。关于硫酸的性质,高等学校教材《无机化学》上册^[6]有以下论述:100%的 H₂SO₄ 具有相当高的导电率是由于它的自偶电离生成以下2种离子: $2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{H}_3\text{SO}_4^+ + \text{HSO}_4^-$, $K=2.7 \times 10^{-4}$ 。说明无水硫酸中存在类似水的自偶电离,且电离程度比水大得多。联想到活泼金属钠、钾等与水反应时,与水进行自偶电离 $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$ 有关。即活泼金属与水自偶电离产生的 H₃O⁺ 反应产生氢气脱离反应体系,破坏了电离平衡,使反应可以持续进行。由此,可以设想,锌之所以可以与浓硫酸反应产生氢气,原因和浓硫酸的自偶电离有关。锌与浓硫酸自偶电离产生的 H₃SO₄⁺ 反应产生氢气脱离反应体系,使反应可以持续进行。

5 实验验证

为了验证以上设想,找出金属活动性顺序在锌前后的几种金属如铝、铁、铜等与 1.80 g/mL 的浓硫酸 (20 °C, 浓度为 86.7%) 反应,并就金属的形态分粉末状与非粉末状2种情况进行实验。经过8组对照实验,具体实验数据如表1所示:

锌粉、铁粉在加热条件下与浓硫酸反应,均有氢气产生,而铜片、铜粉均无氢气产生。出现异常的是铁丝不能与浓硫酸反应产生氢气,由于所用的铁丝是日常生活中的五金用品,可能存在其他杂质的干扰。综上所述,可以得出结论:较为活泼的金属与浓硫酸反应产生氢气的可能性是存在的,而且氢气是多种气体还原产物中出现频率较高的气体。

上述实验的结果对提出的设想有了初步的印证,但是由于理论水平有限,无法进行深入的论证。希望通过问题的提出,引发更多的验证与讨论,以期进一步找出浓硫酸与较为活泼金属反应可能产生氢气的真正原因。

参 考 文 献

[1] 段昌平. 化学教学, 2012 (4): 77—79

- [2] 刘新锦, 朱亚先, 高飞. 无机元素化学. 2 版. 北京: 科学出版社, 2011: 127
- [3] 叶永谦, 张贤金, 吴新建, 等. 化学教学, 2015 (2): 62—63
- [4] 张万伦, 刘文明. 重庆师范学院学报 (自然科学版), 1985 (1): 139—142
- [5] 张万伦, 刘文明. 大学化学, 1998 (5): 64
- [6] 北京师范大学, 华中师范大学, 南京师范大学无机化学教研室. 无机化学 (上册). 3 版. 北京: 高等教育出版社, 1995: 464

Verification and Reason for Hydrogen Generated from Reaction Between Concentrated Sulfuric Acid and Zinc

YE Yong-Qian^{1**} ZHANG Xian-Jin² WU Xin-Jian²

(1. Qiaoguang High School, Nan'an 362314, China; 2. Research Institute of Chemical Education, Fujian Institute of Education, Fuzhou 350025, China)

Abstract Used magenta solution, cupric sulfate solution and bubble water, this paper verified that hydrogen was generated when concentrated sulfuric acid and zinc particles were heated together. It was suggested that hydrogen generation was related to the self-ionization of concentrated sulfuric acid, which was confirmed by several metals.

Keywords concentrated sulfuric acid; zinc; hydrogen; self-ionization