

# 关于钠与水反应生成的白色烟雾的实验探究\*

魏毅鸣, 杨晓丽

(泰州市田家炳实验中学, 江苏泰州 225300)

摘要: 利用钠和水反应产生白色烟雾的实验情境, 对产生的白色烟雾的成分及来源开展探究活动。参阅相关文献, 使用传感器等设计一系列实验进行探究, 得出的结论是: 金属钠与水反应生成的白色烟雾是由水蒸气、氧化钠颗粒及氢氧化钠颗粒等物质组成。抓住常见演示实验的一些小细节或某些容易被人忽视的现象开展探究活动, 有利于学生核心素养的培育。

关键词: 钠与水反应; 白色烟雾; 实验探究

文章编号: 1005-6629(2019)1-0064-04

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

## 1 问题的提出

2017年版的普通高中化学课程标准已经发布, 其中提出的高中化学课程基本理念中提到要重视开展“素养为本”的教学: 倡导真实问题情境的创设, 开展以化学实验为主的多种探究活动, 重视教学内容的结构化设计, 激发学生学习化学的兴趣, 促进学生学习方式的转变, 培养他们的创新精神和实践能力<sup>[1]</sup>。课堂实验是化学实验教学的主阵地, 但是并不是所有的实验现象都在实验参与者的关注之中, 如果仅仅就教学所需讲“有用”的现象, 而对那些所谓没有贡献的“无用”的现象视而不见, 那是多么可惜啊! 因为这本身就是一个真实的情境, 其中有很多生成性的知识可供进一步的开发利用, 有益于培养学生多种的化学学科核心素养。本实验探究就是基于这样一个理念, 抓住常见演示实验的一些小细节, 用传感器技术探究被人忽视的现象及其成因。

在讲授金属钠的性质时, 作为金属钠的重要性质, 钠与水的反应是必做的演示实验。在归纳钠与水反应的现象时, 总会提到以下几点: ①钠浮在水面上; ②钠熔化成光亮的小球; ③小球四处游动; ④反应时发出滋滋的响声; ⑤滴有酚酞的水变红。但是有个现象, 眼尖的学生会观察到, 但是课堂教学一般对其不管不问, 其实该现象就是烧杯中水面上方出现白色的烟雾, 教师和前排的学生如果吸入这种白色的烟雾会感觉到很呛人。白色的烟雾究竟是什么? 它产生的原因是什么? 这些都是值得研究的问题。

## 2 相关的研究

首先查阅有关金属钠和水反应现象分析的相关文献。国外文献方面, P. E. Mason<sup>[2]</sup>认为, 钠与水的反应是一种非均相反应, 水和金属之间的接触产生水蒸气和氢气导致形成蒸气层。分子动力学模拟表明, 在水中浸泡时, 钠钾合金几乎立即从金属表面释放电子, 因此, 该系统很快达到瑞利不稳定性极限, 从而导致碱金属液滴的“库仑爆炸”形成了新的与水接触的金属表面。这解释了为什么反应不会被其产物覆盖而停止, 而是可以导致爆炸的后果。国内文献方面, 何斌华<sup>[3]</sup>认为这些白色的烟雾是液态的钠球表面能量高的钠原子受热挥发到空气中与氧气反应生成的氧化钠。孙成斌<sup>[4]</sup>用 Born-Haber 循环近似求得钠与水反应产生的热量足以使金属钠熔化。产生的热量不但使金属钠熔化, 使反应速率加快, 而且使少量已熔化的金属钠变成钠蒸气随同氢气一起进入气相。他得出的结论是: 金属钠与水反应产生的白色雾状物气体中除了氢气、水蒸气以外, 还有微量的氢氧化钠、氧化钠、过氧化钠、碳酸钠以微小晶粒的形式存在于气体中。刘怀乐<sup>[5]</sup>认为这些白色物主要不是烟(钠和钠的化合物), 而是由水蒸气凝聚而成的白雾。吴家平<sup>[6]</sup>认为钠与水反应产生的白色雾状物是碱雾, 碱雾是与钠球靠近的水分子获得热量升温急剧气化, 氢气和与水蒸气带着氢氧化钠溶液的微小液滴冲出液面而成。

## 3 实验设计

为探究钠与水反应产生的白色烟雾状物质究

\* 本文系江苏省教育科学“十三五”规划 2018 年度重点资助课题“促进区域内高中生化学核心素养发展的差异教学案例研究”(B-a/2018/02/40), 泰州市“十三五”教育科研规划 2017 年度立项研究项目“高中化学演示实验防护的研究”(tjkybix2017008) 阶段性成果。

究竟是什么? 我们利用传感器等实验器材设计了以下实验。

### 3.1 实验 1

**实验原理:** 利用湿度传感器和沾附水的 pH 传感器来测量钠与水反应的容器上方空气的湿度与酸碱度的变化。

**实验器材:** 湿度传感器、pH 传感器、数据采集器、100 mL 烧杯、小刀、镊子、玻璃片、铁架台、铁夹

**实验药品:** 金属钠、蒸馏水

**实验过程:** 在 100 mL 烧杯中装有 20 mL 蒸馏水, 将连接在数据采集器上的湿度传感器和 pH 传感器(用蒸馏水润湿测量端)用铁夹夹持固定在铁架台上, 使其恰好能悬停在烧杯口(防止有液滴飞溅影响测量)如图 1 所示。

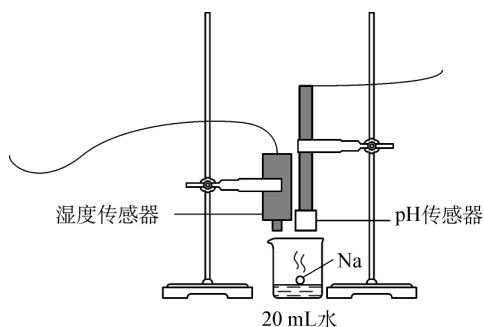


图 1 实验 1 所用装置图

(1) 取绿豆大小的一块钠, 吸干煤油, 投入烧杯的水中, 同时收集湿度传感器和 pH 传感器的数据至数据不再变化。

(2) 另取稍大一点(约赤豆大小)的一块钠, 吸干煤油, 投入烧杯的水中, 同时收集湿度传感器和 pH 传感器的数据至数据不再变化。

在 9.3℃ 时获取两次实验的数据如图 2 和图 3

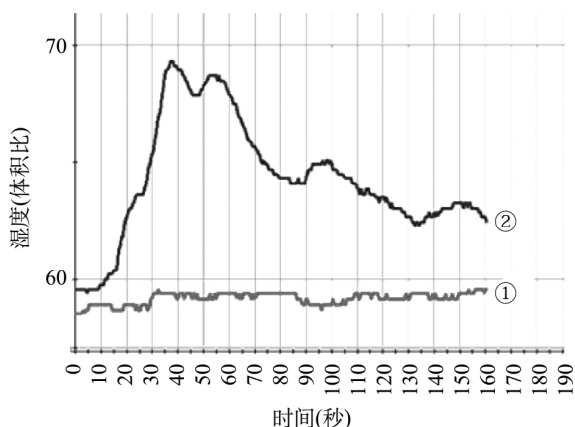


图 2 实验 1 的两次实验测得湿度随时间变化曲线

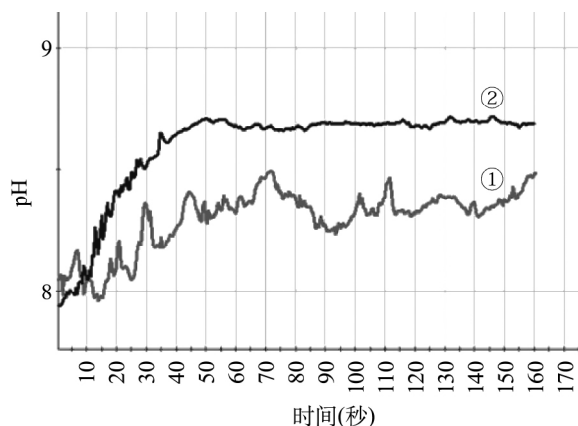


图 3 实验 1 的两次实验测得 pH 随时间变化曲线

所示。

上述曲线变化可以从以下两点进行解释:

(1) 少量的金属钠与水反应产生的白色烟雾状物质中水分很少, 对烧杯口附近的湿度几乎没有影响。稍多一点的金属钠与水反应产生的白色烟雾状物质一开始让烧杯口的湿度上升, 这个很好解释, 因为放热导致水蒸发加快, 湿度自然会上升。但是随着反应的进行, 白色烟雾状物质却没有使烧杯口附近的湿度进一步上升, 反而下降了。是什么原因让这一情况发生的呢? 这个问题由第二个结论解释。

(2) 金属钠与水反应产生的白色烟雾状物质能使烧杯口附近的水 pH 升高, 而且钠粒越大, pH 升高越明显。对两张图中曲线 ② 进行分析, 可以发现在 40 秒时, ② 的湿度达到峰值, 但是 pH 继续上升, 并维持在较高水平。达到峰值之前, 由于钠块较大, 遇水会瞬间放热, 产生较多水蒸气, 导致湿度升高。但是随着反应的进行, 金属钠和水由于“气垫”的存在是相对隔绝的, 因此此时产生的水蒸气是不可持续的, 表现出的现象就是烧杯口湿度的上升是不可持续的。而从反应开始, 白色烟雾状物质一直在持续产生, 并使 pH 不断升高, 这证明白色烟雾状物质是氧化钠或氢氧化钠, 它们溶于水形成碱性溶液导致 pH 升高。它们来自金属钠受热后的挥发, 在这一过程中与氧气反应生成了氧化钠, 与水反应生成了氢氧化钠, 生成的氧化钠和氢氧化钠吸收水, 自然而然会出现“碱雾”的现象, 同时出现了空气湿度下降的现象。

那么此时产生的碱雾会不会主要是来自受热挥发的含有氢氧化钠的水蒸气呢? 可以设计以下

实验进行验证。

### 3.2 实验 2

将实验 1 进行如下改进: 取绿豆大小的一块钠, 吸干煤油后包在脱脂棉中, 再用铜片包住该脱脂棉包裹体, 其目的是使金属钠能沉入水下反应, 同时也不会因不同金属接触产生原电池效应。将该包裹体放入 100 mL 烧杯中, 然后倒入 20 mL 蒸馏水, 将连接在数据采集器上的湿度传感器和 pH 传感器(用蒸馏水润湿测量端)用铁夹夹持固定在铁架台上, 使其恰好能悬停在烧杯口(防止有液滴飞溅影响测量)(见图 4)。

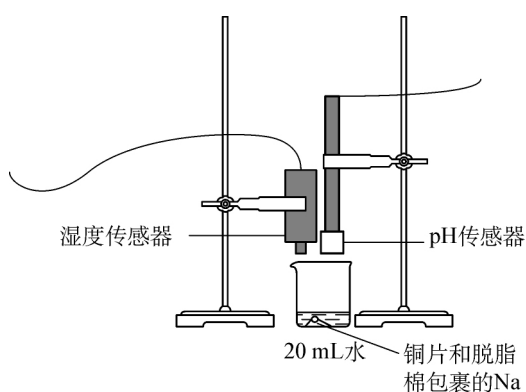


图 4 实验 2 所用装置图

在 25.5℃ 时, 进行上述实验操作, 观察到如下现象: 采集数据 10 秒后开始倒入 20 mL 蒸馏水, 20 秒时, 钠球从水下浮出, 剧烈燃烧并游动。获取实验数据如图 5 和图 6 所示。

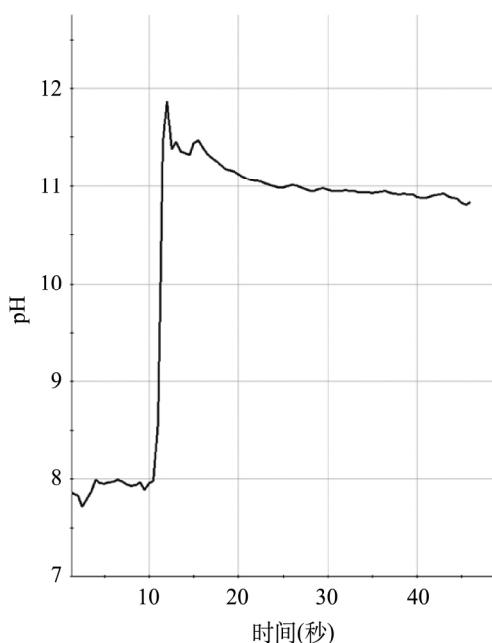


图 5 实验 2 测得 pH 随时间变化曲线

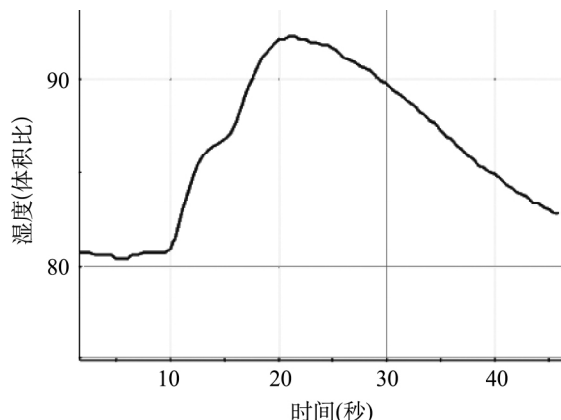


图 6 实验 2 测得湿度随时间变化曲线

分析可知, 在水下反应时, 钠与水反应所产生的氢气, 湿度也很大, 碱性却更强, 这是由于钠在水下反应, 气体被高浓度的 NaOH 包围着, 气体中的水蒸气溶有一定量的 NaOH, 导致短时间内测得 pH 急剧升高到接近 12, 这个现象是实验 1 所没有的。这也说明了钠在水面上反应产生的碱性物质来自挥发的微量的钠原子与氧气反应产生的氧化钠和与水反应产生的氢氧化钠, 而不是氢气裹挟自溶液中的氢氧化钠溶质。

而钠球浮上后剧烈燃烧, 释放出大量白色烟雾状物质, 同时湿度和 pH 的下降说明了导致实验 1 湿度下降的物质是钠受热挥发出来的微量的钠原子和氧气反应生成的氧化钠及其和水蒸气反应生成的氢氧化钠。因此实验 1 产生的碱雾主要不是来自受热挥发的含有氢氧化钠的水蒸气。

结论: 金属钠与水反应生成的白色烟雾状物质是水蒸气及受热挥发出来的钠原子和氧气反应生成的氧化钠及其和水蒸气反应生成的氢氧化钠。

通过本实验的探究, 参与者(包括学生)意识到了本实验是存在被人体吸入碱性物质的风险的, 必须要提醒他人注意防范, 由此培养了学生的科学态度和社会责任感。同时在查阅文献、设计实验时孕育了学生的科学探究和创新意识素养。在面对解释实验现象, 寻求变化本质的过程中又培养了学生的证据推理和模型认知素养。最终在这样一个不太被人关注的真实的情境下, 让学生在思想和方法、具体实践以及价值追求等层面都实现了化学学科核心素养的发展。

# 排水集气法收集 CO<sub>2</sub> 的实验探究\*

张 雷,董银萍

(上海师范大学生命与环境科学学院,上海 200234)

**摘要:** 在分析了“CO<sub>2</sub> 的收集”在中学化学教学中遇到的困扰的基础上,巧妙利用三颈烧瓶、压强传感器、一次性注射器、导气管等器具,设计了实验装置并进行了实验探究。结果表明,可以用排水法收集 CO<sub>2</sub>,且该装置装配简单,实验现象明显。在实验过程中,学生可以根据压强传感器的读数变化规律,定量分析 CO<sub>2</sub> 气体在水中的溶解性,证实用排水法收集 CO<sub>2</sub> 气体的可行性,从而培养学生的科学探究能力和批判性思维意识。

**关键词:** CO<sub>2</sub> 的收集; 排水集气法; 传感器; 实验探究

文章编号: 1005-6629(2019)1-0067-03

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

## 1 问题的提出

气体的收集是中学化学教学中的重点和难点。对于不易溶于水的气体,例如 H<sub>2</sub>、O<sub>2</sub> 等可用排水集气法收集;而对于溶于水的气体则要比该气体与空气的密度,当气体密度比空气密度大时,用向上排空气法收集,如 CO<sub>2</sub>、Cl<sub>2</sub> 等;当气体密度小于空气密度时,则要用向下排空气法收集,如 NH<sub>3</sub> 等。CO<sub>2</sub> 的收集方法一直是中学化学的一个疑难点,在学生已有的认知中,CO<sub>2</sub> 密度大于空气密度,可溶于水且与水反应生成碳酸,因此只能用向上排空气法收集,但在人教版九年级《化学》第一单元课题 2 中对于人体吸入的空气和呼出的气体的探究实验中却用排水法收集呼出的气体<sup>[1]</sup>。这与学生的认知不符,易引起学生的疑惑:CO<sub>2</sub> 究竟能否用排水法收集?多数教师在教学时也是采用模糊处理的方法,学生也只是机械的记忆,没有进行太多的思考,很难真正地理解气体的收集这一知识点。但在当前的学习中,用排水法收集 CO<sub>2</sub> 气体的方法逐渐受到重视<sup>[2-4]</sup>,实际上自

2007 年起苏州市的中考化学题就有意识地在这一问题上做了文章<sup>[5]</sup>。基于此,本研究将使用数字化实验设备,分析 CO<sub>2</sub> 气体在水中的溶解性,深入探究排水法收集 CO<sub>2</sub> 气体的可行性,帮助学生全面而深入地理解和掌握“CO<sub>2</sub> 的收集”这一知识点。

## 2 实验设计

在学习 CO<sub>2</sub> 气体收集之前,学生已经知道用排水法可以收集人体呼出的气体,掌握了氧气的制备和收集方法,对气体收集的基本原理和方法也有了初步的了解,但对于 CO<sub>2</sub> 气体的收集方式还存在疑惑。基于此,本研究巧妙地利用一次性注射器、导气管、三颈烧瓶等器具设计密闭实验装置,用压强传感器对体系中的压强进行连续检测。根据所测体系中压强数据的变化,计算溶于水并与水发生反应而消耗掉的 CO<sub>2</sub> 的量,从而证明排水法收集 CO<sub>2</sub> 气体的可行性。

## 3 实验改进

### 3.1 原理

通过压强传感器分别测得充满 CO<sub>2</sub> 气体的

\* 基金项目:上海市教委重点课程建设项目“中学化学实验教学研究”(A-0131-18-004031);全国青年教师教育教学研究课题“细分创新人才能力要素,构建生成性化学实验教学模式”(2017QNJ079、B-0145-18-005029)。

## 参考文献:

[1] 中华人民共和国教育部制定. 普通高中化学课程标准(2017年版)[M]. 北京:人民教育出版社,2018:4.

[2] P. E. Mason and other. Coulomb explosion during the early stages of the reaction of alkali metals with water [J]. Nature Chemistry, 2015, 7(3): 250.

[3] 何斌华. 钠与水反应实验中三种现象之我见[J].

化学教学,1989,(3):43~44.

[4] 孙成斌. 钠与水反应实验现象的解释[J]. 黔南民族师专学报,1999,(6):45~46,51.

[5] 刘怀乐. 钠与水反应现象剖析[J]. 化学教育,1990,(2):39~41.

[6] 吴家平. 也谈钠与水反应的三种现象[J]. 化学教学,1990,(6):41~43.