

可观察到氢气燃烧呈淡蓝色火焰的实验设计*

叶永谦^{1**} 张贤金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 现行高中化学教科书中钠与水的反应实验未提供验证反应所产生气体的实验装置。为使 学生通过观察实验现象,直观地认识和理解钠与水反应产生的气体是氢气,在已设计“钠与水反应的实验装置”的基础上,从普通玻璃尖嘴导管焰色反应的干扰、煤油蒸气的干扰2个维度进行分析,最终设计出可以观察到氢气燃烧呈淡蓝色火焰的实验。

关键词 氢气燃烧 火焰颜色 实验设计

DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2014070054

1 问题的提出

高中化学教学中,金属钠作为活泼金属的代表,是教学的重点。苏教版高中化学教科书《化学1》(必修)中钠与水反应实验设计方案^[1]虽然简单,但有2点不足:(1)由于实验在小烧杯中完成,演示实验的可见性很差,效果并不太理想;(2)无法让学生通过实验现象的观察对产生的气体究竟是什么做出直观的判断。

为了弥补该实验的不足,在钠与水反应的性质教学中设计了钠与水反应的实验装置,取得了较好的教学效果^[2]。实验的基本操作步骤为:先往矿泉水瓶(550 mL左右)中装50 mL左右的煤油,再加入3块金属钠(边长为0.5 cm左右的立方体),再往漏斗中加滴有酚酞的水溶液至瓶塞处。关闭活塞,可以看到美丽的喷泉,还可以看到钠在煤油和水层上下跳动。打开活塞,点燃气体,产生的气体可以燃烧,如图1所示。



Fig. 1 Experiment device for reaction of sodium and water

图1 钠与水反应的实验装置

在课堂教学过程中,学生都对该实验充满兴趣,观察和学习的热情很高。有细心的学生提出,氢气的燃烧火焰不是淡蓝色的吗?怎么看到的是明

显的黄色呢?这是实验仪器的问题还是其他原因所致呢?

2 基于焰色反应干扰的实验设计

鉴于钠与水反应产生的气体燃烧是在尖嘴玻璃导管口进行的,而普通玻璃中含有的钠元素焰色反应呈黄色,实验中的火焰呈黄色有可能是玻璃材质引起的。市面上很难买到石英玻璃材质的尖嘴导管,考虑到医用针筒上的针头属于无锈铁质材料,燃烧时没有明显的焰色,可以排除焰色反应的干扰,因此采用针筒上的针头代替普通玻璃尖嘴导管进行实验。实验的结果显示,气体在针头处燃烧,火焰还是黄色的。根据以上实验结果,可以发现玻璃材质焰色反应不是导致火焰呈黄色的主要原因。

3 基于煤油蒸气干扰的实验设计

采用设计的钠与水反应的实验装置进行实验过程中,氢气是从煤油中冒出的,触摸矿泉水瓶煤油外部时温度较高,燃烧时火焰会出现少量黑烟,以上均说明有可能是煤油蒸气的干扰导致火焰为黄色。如何除去氢气中混有的煤油蒸气?采用吸附法、冷却法和洗气法等3种方法进行设计。

3.1 吸附法

借鉴海面漏油使用棉被进行吸附的原理,以及活性炭吸附性强的性质,分别采用棉花吸附法、活性炭吸附法进行设计。实验时,即便棉花塞满U型管(图2),或者活性炭填满干燥管(图3),气体均可以较轻易通过吸附装置,吸附效果不理想,导致燃烧时火焰均为黄色。

3.2 空气冷却法

由于反应放热导致煤油蒸气挥发出来,可以用

* 福建省教育厅2015年福建省中青年骨干教师教育科研项目(项目编号:JAS151453)(福建教育学院资助)

** 通信联系人, E-mail: 15880968680@139.com

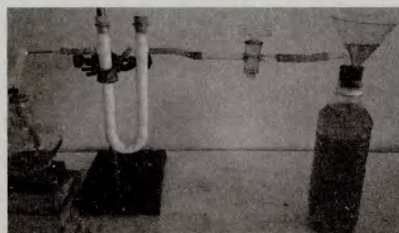


Fig. 2 Flame showed yellow when U-tube was filled with cotton

图2 U型管中充满棉花, 火焰为黄色

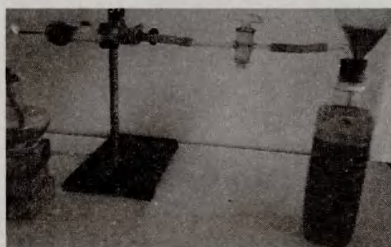


Fig. 3 Flame showed yellow when drying tube was filled with activated carbon powder

图3 干燥管中填充活性炭粉, 火焰为黄色

冷却的方法使煤油蒸气冷凝为液态。参考苏教版高中化学教科书《有机化学基础》中硝基苯等的制法中长导管冷凝回流原理^[3], 使用长导管对产生的气体进行冷却, 并进行燃烧实验, 观察到的火焰仍呈黄色, 见图4。导致火焰依旧为黄色的原因可能由于反应产生的气流较大, 无法在短时间内冷却下来。



Fig. 4 Flame showed yellow when gas was cooled through long tube

图4 使用长导管冷却火焰依旧为黄色

3.3 冰水冷却法

空气冷却法效果不佳, 可以考虑利用冰水进行冷却。将产生的气体直接通过冰水, 并进行燃烧实验, 观察到的火焰存在3种情况, 分别是黄色、黄色中略见蓝色、蓝色, 见图5。火焰为黄色可能和反应产生的气流较大, 煤油蒸气无法全部得到冷凝有关。火焰黄色中略见蓝色应该是气流比较适中, 但瓶体煤油外部温度较高, 冷却效果不够好。火焰颜色呈蓝色, 是在同一药品和装置中多次实验后才观察到的。由于本装置在氢气燃烧一次后, 通过关

闭止水夹可以再次收集气体, 多次实验后, 瓶体基本已恢复常温, 金属钠已经从原来的小拇指大小变成了绿豆大小, 产生的气体少, 气体缓慢。与吸附法相比, 气体通过冰水速率较为缓慢, 由于接触的时间较长, 冷却的效果较为理想, 才有可能产生淡蓝色火焰。



Fig. 5 Gas was cooled by ice water

图5 使用冰水冷却气体

3.4 有机溶剂洗气法

除了冷却法, 洗气法也是一种排除煤油蒸气干扰的方法。选择的除杂溶剂必须能溶解煤油, 又不能燃烧。四氯化碳是不错的选择, 煤油易溶于四氯化碳, 而且四氯化碳本身不燃烧, 即便部分混入氢气中也不会影响火焰颜色。通过控制气流缓慢洗气, 出现的实验现象与冰水冷却法类似, 反应前期燃烧时的火焰是黄色的, 甚至伴有少量黑烟(图6)。在同一药品和装置多次实验后要出现淡蓝色火焰, 必须是在温度比较低的条件下, 如该实验冬天做的成功率比夏天做成功率要高。该实验成功的关键在于冬天外界室温比较低, 煤油冷却速度比较快, 控制好气流的速度, 煤油蒸气可以被四氯化碳吸收得较为完全。与冰水冷却法相似, 气体通过四氯化碳速度较缓慢, 洗气效果较好, 才有可能观察到淡蓝色火焰。



Fig. 6 Flame showed yellow with black smoke when gas was washed by carbon tetrachloride at higher room temperature

图6 室温较高时使用四氯化碳洗气火焰为黄色且伴有少量黑烟

3.5 洗气装置的选择

虽然用冰水冷却法或者四氯化碳洗气法都可以在一定条件下观察到氢气燃烧的蓝色火焰, 但是二者共同的使用装置——洗气瓶, 其选择的合理性是

否直接影响到实验的安全性问题,这也是实验改进过程中意外的发现。如图 5 和图 6 中所使用的洗气瓶是由配有长进短出 2 支玻璃导管的双孔橡皮塞和集气瓶构成,可以顺利地完实验。如果将其换成实验室现成的洗气瓶(如图 7),不管是装冰水还是装四氯化碳,都有可能因其容量大,出气的管口浸入液面太深,气体产生的压强不够大,导致无法将氢气压到洗气瓶中,最终液体从漏斗口溢出,煤油直接燃烧起来,存在安全隐患。

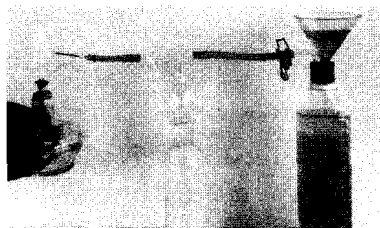


Fig. 7 Liquid level in the funnel didn't fall when water stopper was opened completely

图 7 止水夹已全部打开漏斗中液面却无法下降

4 结语

在钠与水反应的实验装置设计中,氢气燃烧出现黄色火焰的原因在于煤油蒸气的干扰。要排除其

干扰,设计的关键是控制温度和气流大小,在温度较低、气流较小、接触时间足够长的情况下,使用冰水冷却法或者四氯化碳洗气法均可以出现蓝色火焰,其中冰水冷却法效果较好。在课堂上演示完所设计的钠与水反应实验之后,将学生关于火焰颜色的疑惑作为课后作业,引导学生从不同维度进行改进,可以激发学生的学习兴趣,提高学生的动手能力,有利于培养学生实事求是的科学态度和锲而不舍的钻研精神。

参 考 文 献

- [1] 王祖浩. 普通高中课程标准实验教科书:化学 1 (必修). 南京:江苏教育出版社,2009:49
- [2] 叶永谦. 福建教育学院学报,2013 (2):47-48
- [3] 王祖浩. 普通高中课程标准实验教科书:有机化学基础 (选修). 南京:江苏教育出版社,2007:50
- [4] 陈云生,赖辉煌. 化学教育,1987,8 (3):50-52
- [5] 刘建国,谢文亨. 教学仪器与实验,2004 (3):21
- [6] 张娟,鲍正荣,黄治香. 实验教学与仪器,2011 (11):29
- [7] 贾瑞枫. 化学教育,1986,7 (2):36-37
- [8] 王祖浩. 普通高中课程标准实验教科书:化学 2 (必修). 南京:江苏教育出版社,2007:62

Experiment Design for Showing Light Blue Flame of Hydrogen Combustion

YE Yong-Qian^{1**} ZHANG Xian-Jin²

(1. Nan'an Qiaoguang Middle School, Nan'an 362314, China;

2. Institute of Chemistry Education of Fujian Institute of Education, Fuzhou 350025, China)

Abstract Based on the designed experimental device for reaction of sodium and water, this paper designed experiment of hydrogen combustion showing a light blue flame, which eliminated two interferences of flame reaction of glass tip tube and kerosene vapor. Students intuitively understood that the generated gas was hydrogen through observing experimental phenomena.

Keywords hydrogen combustion; flame color; experiment design