

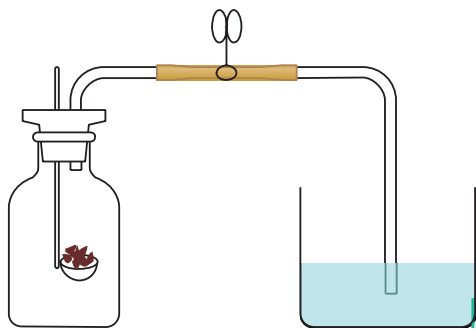
关于“测定空气中氧气的含量”实验的创新

青岛第二十六中学 二〇一五级一班
王愉扬

2017 年 12 月 9 日

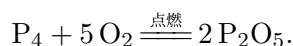
1 研究背景

在九年级上学期化学课本第 7-1 节中，介绍了测定空气中氧气的含量的方法，具体实验步骤如下：



1. 如图组装仪器，检查装置气密性。
2. 在燃烧匙中装入过量红磷，置于酒精灯火焰上点燃后迅速放入集气瓶，塞紧瓶塞。
3. 待燃烧完毕后容器恢复室温，打开止水夹，发现有一些水进入集气瓶内，且体积约占集气瓶体积的 $\frac{1}{5}$ 。

· 反应的化学方程式为：



由此，我们可以得出“空气中氧气体积约占 $\frac{1}{5}$ ”这一结论。但是经过理论分析和课堂实际操作，发现这一方法的缺点主要有二：

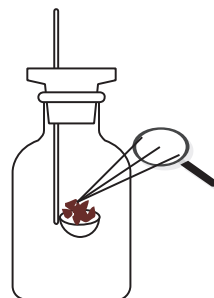
- 红磷的着火点过高，导致在瓶外点燃的时间过长，浪费时间。
- 在瓶外点燃可能会导致气体逸散，导致实验不准确，结果有误差。

2 实验改进

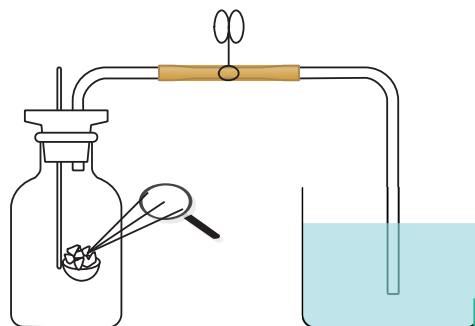
2.1 改进点燃不便和气体可能逸散的问题

- 针对第一个问题，我们可以把红磷更换成白磷，经过查阅资料，我们发现白磷的着火点约在 40°C 左右，便于被点燃。

- 针对第二个问题，我们可以把容器密闭，用凸透镜或聚能激光笔产生的集中热量来点燃固体，示意图如下：



我们可以结合上述两种方案，设计出如下图所示的仪器：



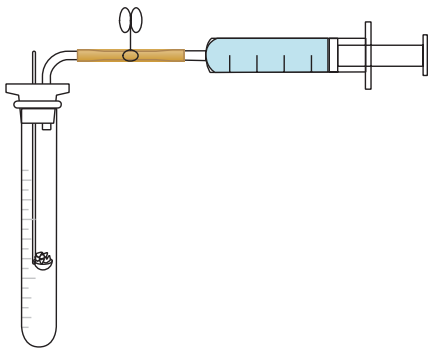
经过测试，我们又发现这套装置还是有如下缺点：

- 点燃还是不够方便，若没有凸透镜或激光笔，还是要用酒精灯点燃。
- 水在集气瓶中，只能靠目测体积——刻度不够直观，不利于理解该结论。

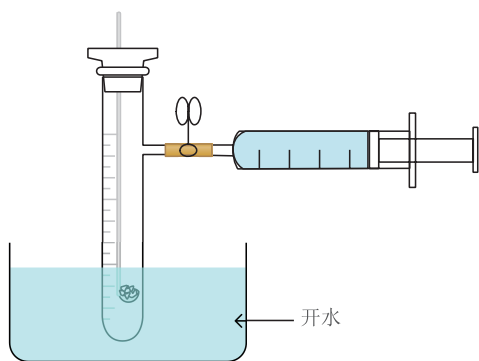
2.2 改进点燃不方便和体积不直观的问题

- 针对第一个问题，我上网查资料得知，白磷的着火点约为 40°C 左右，所以我们可以直接把容器泡在开水中，这时，瓶内温度高于着火点，白磷就会自燃。
- 针对第二个问题，可以把水槽换成注射器，这样注射器减少的刻度就是消耗掉氧气的

体积；再把集气瓶换成口径更细的试管，可以更加清晰地显示消耗氧气体积与总体积之比，示意图如下：



组合上述方案，又可以设计出如下图所示的仪器：



经过试验，该套装置已能较方便地点燃白磷，较好地反应体积的关系。但经过试验，仍发现了以下几个问题：

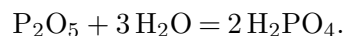
- 在试管中反应不太方便，特别是把燃烧匙伸入试管时容易撒漏。
- 注射器体积过小，装液量不够，不到集气瓶体积的 $\frac{1}{5}$ 。
- 反应时放热，瓶内气压陡增，瓶塞容易弹开，需要在反应时用手按住。

经过尝试，我决定把试管恢复到集气瓶，在瓶塞上添加压强平衡注射器，并且把装有水的注射器换成量筒。

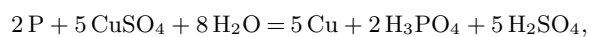
但是反应后产生的五氧化二磷 (P_2O_5) 有毒，且剩余的白磷也属于有毒易燃危险品，这在课堂应用中是不能实施的，下一步要解决的问题是处理反应残余物。

2.3 改进生成物不环保的问题

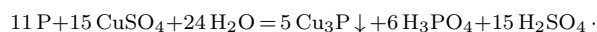
经过网上查阅资料，我发现， P_2O_5 可以通过与水反应来消耗掉，反应的方程式为：



白磷可以与硫酸铜和水反应后生成无害物质，方程式为：



或：



在反应后的生成物中， H_3PO_4 、 Cu_3P 均无毒无害，不会污染环境。

3 改进结果

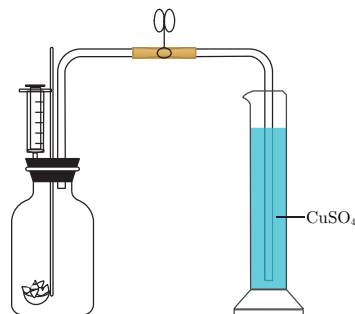
3.1 实验器材

集气瓶、橡皮塞、注射器、止水夹、燃烧匙、导管若干

3.2 实验药品

加热至 $70^\circ C$ 的 $CuSO_4$ 溶液、白磷

3.3 实验仪器



仪器说明:

注射器 在反应时平衡集气瓶内气压, 防止反应时白磷放热导致瓶内气压过大使瓶塞弹开。

量筒 显示被吸入集气瓶 CuSO_4 的体积, 刻度直观、准确。

CuSO_4 反应前加热至高温后引燃白磷; 反应后能够消耗有毒生成物。

1. 如图, 组装仪器。
2. 检查装置气密性: 打开止水夹, 向上拉注射器活塞, 使一部分高温 CuSO_4 进入集气瓶, 若注射器显示的体积等于量筒内液体减少的体积, 则装置气密性良好。这时记录量筒中液面的位置。
3. 关闭止水夹, 把注射器活塞推到“0”刻度处, 等待白磷被热水引燃。
4. 待白磷燃烧后, 可以看到气压平衡注射器的活塞向上移动。燃烧完毕后, 把集气瓶放入冷水中, 使集气瓶内温度尽快恢复到室温。待气压平衡注射器的活塞恢复到“0”刻度后, 打开止水夹, 可以观察到有一些水被吸入集气瓶, 并且量筒中液面下降。
5. 待液体不再进入集气瓶内, 记录量筒内液面高度。用反应前的高度减去反应后液面高度, 即可得到被白磷消耗的氧气体积。
6. 得出结论后, 向上拉动注射器活塞, 使更多 CuSO_4 进入集气瓶, 没过燃烧匙。用力摇动集气瓶, 使 CuSO_4 与白磷充分反应, 完全消耗瓶内的残留物。

装置逸散空气的误差, 也不污染环境, 具有环保意识, 防止空气污染。

2. 注射器和量筒搭配巧妙。这一改进更加简化了读数环节, 实验将清晰显示空气里 O_2 的体积。同时, 注射器和量筒都有精密的刻度, 能直接读出精确的数值, 提高了实验的准确性。
3. 注射器能在白磷燃烧时缓冲集气瓶内气压的骤然增大, 从而能防止冲塞现象的发生, 起到了较好的缓冲作用
4. 在引燃燃烧物(白磷)方面设计巧妙。实验不仅方便操作, 还环保, 让实验现象更容易观察。
5. 总之, 通过创新性地开展实验设计, 在实验装置方面做了一些有益的改进, 让实验更加精确, 操作性更强; 同时我在实验中也培养了实验探索、创新精神, 发展了创新思维。

3.4 改进意义

1. 改进了空气的逸散问题和燃烧物中白烟(P_2O_5) 的污染。这样既能减少原来实验