

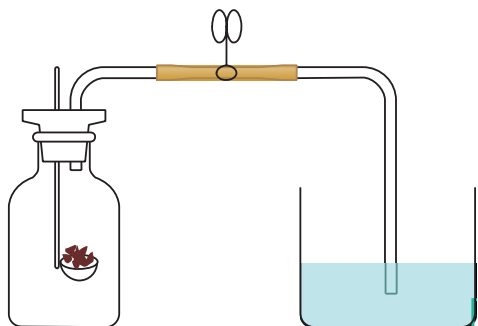
关于“测定空气中氧气的含量”实验的创新

青岛第二十六中学 二〇一五级一班
王愉扬

2017 年 12 月 11 日

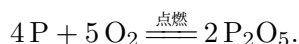
1 实验背景

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:

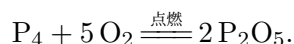
- 红磷的着火点过高, 导致在瓶外点燃的时间过长, 浪费时间.
- 在瓶外点燃可能会导致气体逸散, 导致实验不准确, 结果有误差.

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, 我可以把红磷更换成白磷, 经过查阅资料, 我发现白磷的着火点约

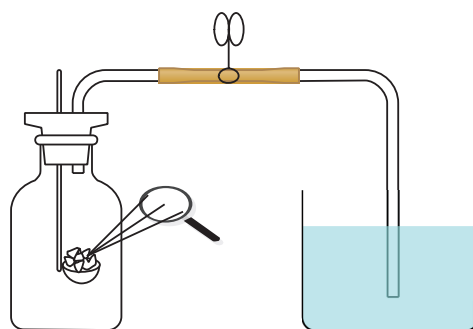
在 40°C 左右, 便于被点燃, 方程式如下:



- 针对第二个问题, 我可以把容器密闭, 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:



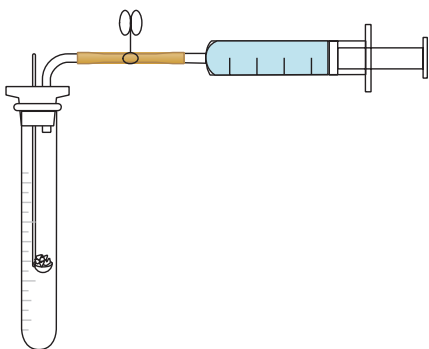
经过测试, 我又发现这套装置还是有如下缺点:

- 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.

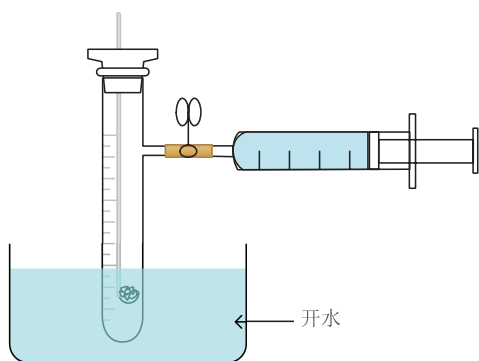
2.2 改进点燃不方便和体积不直观的问题

- 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, 所以我可以直接把容器泡在开水中, 这时, 瓶内空气温度高于着火点, 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:

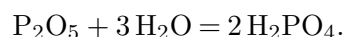
- 在试管中实验不太方便, 特别是把燃烧匙伸入试管时容易撒漏.
- 注射器体积过小, 装液量不够, 不到集气瓶体积的 $\frac{1}{5}$.
- 反应时放热, 瓶内气压陡增, 瓶塞容易弹开, 需要在实验时用手按住.

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装置, 并且把装有水的注射器换成量筒.

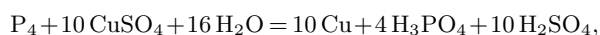
经验表明, 反应后产生的五氧化二磷 (P_2O_5) 有毒, 且剩余的白磷也属于有毒易燃危险品, 这在课堂应用中是不能实施的, 下一步要解决的问题是处理反应残余物.

2.3 改进生成物不环保的问题

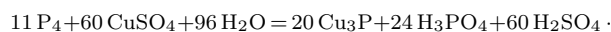
经过网上查阅资料, 我发现, P_2O_5 可以通过与水反应来消耗掉, 反应的方程式为:



白磷可以与硫酸铜和水反应后生成无害物质, 方程式为:



在水充足的情况下为:



在反应后的生成物中, H_2PO_4 、 H_3PO_4 、 Cu_3P 均无毒无害, 不会污染环境.

在前一套装置中, 水槽中的热水不能很好地靠近白磷, 使引燃不够快, 我想到可以把 $CuSO_4$ 加热, 用瓶内的热 $CuSO_4$ 来接近白磷, 减小引燃白磷的时间.

3 改进结果

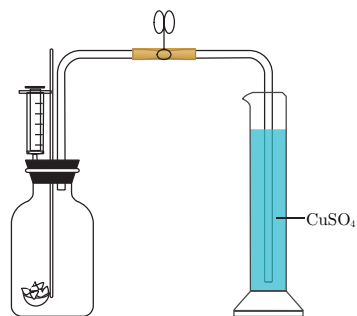
3.1 实验器材

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 $70^\circ C$ 左右的 $CuSO_4$ 溶液、白磷

3.3 实验装置



装置说明:

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 CuSO_4 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, 用手摸瓶感到不热后, 打开止水夹, 可以观察到有一些 CuSO_4 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 P_2O_5 、水、 CuSO_4 与白磷充分反应, 完全消耗瓶内的残留物.

7. 消耗尽残余物后, 就可以打开瓶塞, 拆卸、清洗装置了, 不会出现空气污染的现象.

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, 让实验现象更加容易观察.
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.