

“测定空气中氧气的含量”实验探究

胡巢生*

(江苏省宿迁市钟吾国际学校 223800)

摘要 赏析拉瓦锡“测定空气中氧气的含量”实验,针对现行教材中设计的磷、铜方案,从实验对象的物质体系、实验装置、实验结果和对实验的创新等几个方面分析该实验的探究价值,再对鲁教版该实验装置进行改进。

关键词 初中化学 实验探究价值 氧气含量 实验改进

“测定空气中氧气的含量”实验是初中化学中关于物质组成、定量测定的代表性实验。该实验大多出现在教材中的起始章节,旨在引导学生认识物质的组分,了解药品和装置的选择,学会由现象得出结论,从而初步树立用实验的方法来研究物质的科学意识^[1]。

1 探究的问题

任何实验探究的内容都主要包含:作为实验对象的物质体系(也称作化学体系);适当的仪器装置和必要的安全措施;合理的实验步骤和规范的操作技术 3 个部分^[2]。本实验通过师生合作逐步探讨“测什么”、“怎样测”、“在哪测”3 个问题,促使学生获得空气成分的相关知识,体验科学的实验方法并提升学生的科学素养。

1.1 实验对象的物质体系的探究

教材的设计是编者提出问题又给出实验方案、结论,这种编排在形式上探究,本质上却是验证,学生们很容易从课本实验得到结论,这不利于引导学生探究。要测定空气中氧气的含量,最佳选择应当是找到一种只和氧气起反应且反应产物容易分离的化学物质。

化学史上拉瓦锡采用汞作为药品,汞在常温下呈液态,除用作反应物外,还可以通过连通器直接用于测定反应器(曲颈甬)内空气体积的变化。把上述的实验过程简化为 3 个步骤^[3]:

【步骤 1】 $2\text{Hg} + \text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{HgO}$ (气相反应,氧气可以完全耗尽,还可以通过连通器用于测量反应器内体积的变化);

【步骤 2】 $2\text{HgO} \xrightarrow{\Delta} 2\text{Hg} + \text{O}_2 \uparrow$ (HgO 浮在汞的液面上,很容易分离且分解的温度只有 500°C 左右);

【步骤 3】 将步骤 2 得到的 O_2 和步骤 1 剩余的气体混合,得到“原来”的空气。

可以看到这个实验设计的完美,几乎无懈可

击。为了避免汞的毒性可能带来的安全问题,教材中对空气组分的测定放弃了汞体系,一般多选择红磷(鲁教版教材采用的是铜粉)来代替汞。教师可以引导学生思考:一直 S、C、Mg、蜡烛等都可以满足和空气中的氧气发生燃烧反应的条件,为什么 P 或 Cu 是最佳选择?怎样测定被消耗掉的这一组分?气压如何变化?得出生成物必须是固体且只有红磷或铜粉的量充足才能得到准确结果的要点,从而确定所需的药品、仪器、操作方法及必要的安全措施,回答出“测什么”和“怎样测”的问题。

1.2 仪器装置的探究

实验装置的探究是解决“在哪测”的问题。搞清实验原理后,组织学生讨论以下 3 个问题:(1)作为研究气体的定量实验装置,如何防止容器内外的气体发生交换呢?(2)选用什么样的仪器作反应容器,才能观察到清晰的实验现象、方便地读取实验数据呢?(3)如何既容易填充到容器里弥补被消耗掉的氧气体积,又容易测量出它本身所占的体积呢?解决了这些疑问,就不难设计出整套实验装置(如图 1, 2)。

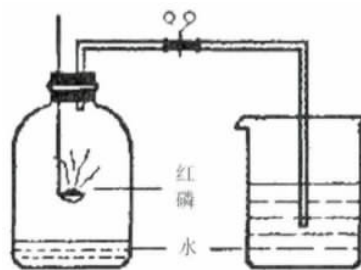


图 1 人教(2012)版实验装置

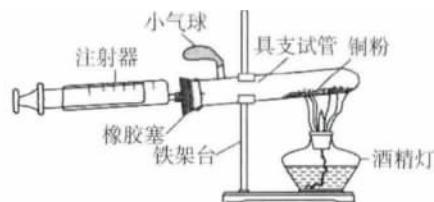


图 2 鲁教(2012)版实验装置

* 通讯联系人, E-mail: king7508@126.com

1.3 实验结果的探究

科学探究中最重要、最核心的能力要素就是学生分析得到结论的能力。因此,针对教材实验的结果进一步提出具有分析性的问题:为什么有时测量的水会少于 $1/5$,而有时会大于 $1/5$?集气瓶中剩余气体的性质如何?通过现象怎样得到结论?初步培养学生学会用观察、实验的方法获取信息,并从信息中得出科学结论的能力。

2 在探究中质疑,在探究中创新

基于上述探究活动的基础,学生不仅搞清了课本上化学实验的来龙去脉,而且发现了课本实验的不足(如污染环境、操作不简便、结果不准确等),尤其是在教师引导下对磷方案中的实验药品、操作、装置进行的一些改进或创新实验方案等方面从实验探究的三个部分进行评析,这里不再一一赘述。

接下来将重点针对鲁教(2012)版《义务教育教科书·化学》(九年级上册)^[4]第75页有关“测定空气中氧气的含量”实验的铜方案装置设计存在几处不足,在尊重原实验设计的教学意图、保留原实验设计的教学功能等前提下,另用一支注射器(或大试管)对原实验进行了2个改进,下面详细介绍。

2.1 原实验(见图2)的不妥之处

(1)在反复推拉注射器活塞时,气球与具支试管的支管接口处很容易漏气。

(2)使用气球作为缓冲装置,在实验操作过程中,气体一直朝气球里跑,热的空气不易被挤回试管内,使氧气与铜粉难以充分反应,导致实验的误差较大。

(3)实验使用2支相同规格的具支试管,采用水量法测出一支具支试管加塞后的实际容积来代替实验装置中的具支试管内空气的体积,这种处理方式,有碍于学生建立严谨的科学思维。

2.2 仪器用品

铜粉、具支试管(或大试管)、橡胶塞、量筒、酒精灯、铁架台(带铁夹)、相同规格(50 mL)的注射器2支。

2.3 实验操作及现象

(1)按图3、4装配仪器(但是不要装入药品),其中图3装置通过胶皮管装上注射器1(胶皮管长度以刚好把具支试管和注射器口连接在一起为准),将注射器1中不留空气,注射器2中留有一定体积的空气,均插入橡皮塞中(图4)。轻轻推动注射器2的活塞一小段距离后松开手,若注射器1的活塞能够慢慢后退到相等的刻度,就说明装置不漏气。

(2)在图3中的具支试管(图4中的大试管)

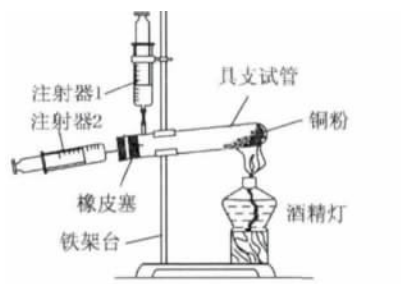


图3 改进实验装置1

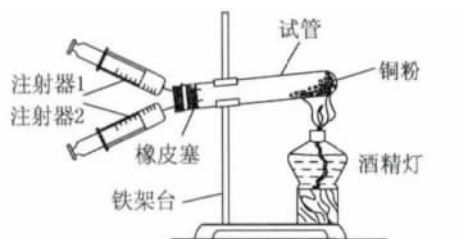


图4 改进实验装置2

中装入足量的铜粉,平铺于试管的底部,塞上橡胶塞,移动注射器2的活塞并留下一定体积的气体(必须大于反应前空气总体积的 $1/5$),记录体积 $V_1 = 40$ mL后,插入橡胶塞中。根据酒精灯的高度,将试管固定在铁架台上。

(3)用酒精灯在铜粉部位加热,加热时反复交替推拉两注射器活塞,使铜粉与氧气反应更充分。

(4)停止加热后,待试管冷却至室温,将注射器1内的气体全部挤入试管内。待注射器2的活塞稳定后,读取并记录图3中注射器2剩下的空气体积 $V_2 = 5.7$ mL(图4中注射器2剩下的空气体积 $V_2 = 5.7$ mL)。

(5)实验结束,清洗仪器后,将具支试管(或大试管)装满水并塞上塞子,再将试管中的水倒入量筒中,测出图3中具支试管在塞上塞子的情况下的体积 $V_3 = 124$ mL(图4中大试管在塞上塞子的情况下的体积 $V_3 = 124.2$ mL)。

(6)图3中氧气体积 V 的计算:理论值 $V = (V_1 + V_3) \times 21\% = (40 + 124) \times 21\% = 34.4$ mL,实验值 $V = V_1 - V_2 = 40 - 5.7 = 34.3$ mL,故空气里氧气的体积分数约是: $34.3 \text{ mL} / 164 \text{ mL} \times 100\% = 20.9\%$ 。

图4中氧气体积 V 的计算:理论值 $V = (V_1 + V_3) \times 21\% = (40 + 124.2) \times 21\% = 34.5$ mL,实验值 $V = V_1 - V_2 = 40 - 5.7 = 34.3$ mL,故空气里氧气的体积分数约是: $34.3 \text{ mL} / 164.2 \text{ mL} \times 100\% = 20.9\%$ 。

2.4 实验注意点

为防止注射器漏气并保持润滑良好,实验前,在两只注射器的活塞涂少量的凡士林。

(下转第80页)

带的长短将漏斗裹住,再将裁剪好的滤纸放置在漏斗内。根据滤液温度的需要,通过按键设定保温带加热的温度。待漏斗整体受热均匀后,再进行过滤。以上操作过程使用布氏漏斗时,需要将布氏漏斗插于抽滤瓶中,并在开始抽滤前,先用少许蒸馏水湿润滤纸,使其更好地贴近布氏漏斗,先抽气,然后再倒进滤液,由于布氏漏斗具有保温功能,晶体不易析出。实验完毕后,再拆开保温带即可。这样当实验人员不需要进行加热过滤时,能够松开粘扣带,将保温带从漏斗本体拆取下来。

2 智能化设计

2.1 智能控制单元

该漏斗保温带的温度控制,采用微处理器控制单元。温度控制单元主要由单片机、温度传感器、液晶显示屏、控制按键和晶闸管控制电路构成^[3],其结构框图如图 2 所示。

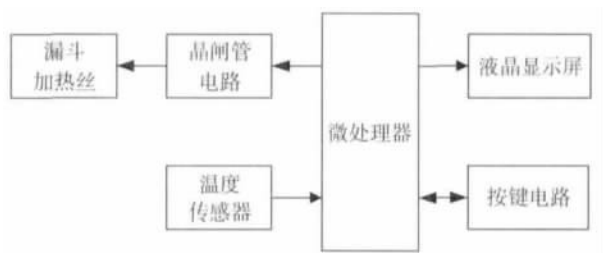


图 2 保温漏斗智能控制单元

2.2 智能控制原理

智能控制方案中,单片机选用 C8051F310 型号的单片机,温度传感器选用铂热电阻 PT100、液晶显示屏选用 LCD1602 型号的液晶显示屏。单片机通过温度传感器采集当前保温带的温度,并与预先通过控制按键设定的温度值进行比较,决定晶

2.5 改进实验的优点

(1) 该实验采用具支试管(或大试管)和废弃的针管自制的装置,装置始终处于密闭状态,与外界无物质交换,减少了污染,对环境友好。

(2) 通过推拉注射器活塞,使空气在注射器、具支试管和气球间来回传送。利用铜粉作为耗氧剂,通过酒精灯的加热,使铜粉获得持续的高温,既使在氧气浓度较低的情况下,也能与氧气发生缓慢氧化,直至氧气基本耗尽。

(3) 借助注射器活塞刻度的变化,让学生观察到实验过程中装置内气压的变化。利用这一设计思路上的创新,简化了实验装置,增强了实验的可操作性、趣味性和可观察性。

(4) 用注射器的刻度代替了“水”的体积,保证实验结果更接近真实值。从而培养学生定量研究化学问题、科学认识和控制误差的意识。

闸管通断和导通角大小^[4],以使保温带加热的温度达到预设的值。通过按键输入预加热的温度值,保温带实时温度由液晶显示屏显示。

3 保温漏斗性能

与现有保温漏斗相比,所设计实现的智能保温漏斗具有如下功能:

(1) 可能够根据滤液的温度要求调节保温带的相应的温度,以使得漏斗始终保持在所需的实验温度条件下,不仅操作更便捷而且实验效果更好;

(2) 通过改变防水外层的材料和在防水外层上加设粘扣带,使得保温带能够与不同尺寸规格和类型的漏斗配合形成温度可控的保温漏斗,因而具有极强的灵活性和适用性;

(3) 将保温带与布氏漏斗相结合,还能够实现实验过程中的减压过滤,以提高过滤速度。

4 结论

结合当前化学重结晶实验的需要,设计实现了一种智能型的保温布氏漏斗。通过对漏斗加热电路的微控制器和温度传感电路设计,实现了保温漏斗的智能化功能。该保温漏斗的研制,对实现化学实验室智能化和信息化具有重要意义。

参 考 文 献

- [1] 王清廉,李瀛,高坤. 有机化学实验. 北京:高等教育出版社,2010:70-75
- [2] 曾昭琼,曾和平. 有机化学实验. 北京:高等教育出版社,1999:6
- [3] 郭兵. SOC 技术原理应用. 北京:清华大学出版社,2006:78-80
- [4] 赵晓安. MCS-51 单片机原理及应用. 天津:天津大学出版社,2001:106-108

3 结束语

“批判与创新”始于发现问题和有针对性地思考,以批判的眼光分析其不足之处和产生不足的原因,但只有完备的实验才能检验批判是否合理,方案是否可行。通过对拉瓦锡的这个实验的赏析以及对教材实验的创新,不仅可以训练学生科学探究能力,而且可以帮助学生学习物质的化学性质和物理性质;化学变化和物理变化以及单质和化合物的区别。还可以有助于初学者学习有关的基本概念和认同学习这些化学术语的意义^[2]。

参 考 文 献

- [1] 胡巢生. 化学教学,2013,(5):56-57
- [2] 宋心琦. 化学教学,2013,(3):3-7
- [3] 李德前. 化学教育,2011,32(5):20-22
- [4] 毕华林,卢巍. 全日制义务教育:化学(九年级上册). 济南:山东教育出版社,2012:75