

奇妙的二氧化碳^{*}

——CO₂性质验证实验设计

郭瑞斌¹ 李莉² 张斌¹ 王祖云¹ 梁筱¹ 孟劲聪¹ 莫尊理^{1**}

(1. 西北师范大学化学化工学院 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学理学院 兰州 730070)

摘要 以生活中最为普通的CO₂为研究对象,通过巧妙的设置和科学的组合,充分展现CO₂的性质。实验设计简单易行,现象明显,可拆分、可组合,具有强烈的视觉效果。

关键词 二氧化碳 性质实验 趣味实验

1 实验设计目的

化学反应现象是化学最吸引人之处,无论是专业的化学工作者还是从未接触过化学实验的人都会对化学反应中出现的各种变化感到激动和欣喜,从而产生强烈求知的欲望和亲自动手的渴望。本实验的设计初衷就是通过化学反应中最为精彩的火焰及颜色的变化让所有观看者充分感受化学的神奇,从而激发他们对化学的探索精神和自己动手试一试的兴趣,充分体验神奇的化学世界。

1.1 以小见大,体现化学哲学^[1]精神

本设计方案以我们生活中最为普通的CO₂为研究对象,通过巧妙的设置和科学的组合,将CO₂的性质充分展现在大众面前。本实验设计中每个反应的基本原理都非常简单,其中一些还是中学化学中的经典演示实验^[2],但是将它们进行组合后,却将化学变化的奇妙之处展现得耐人寻味,乐趣无穷,可以说是化简单为神奇。而且在每一步反应中所体现的化学哲学精神,可以在相反或对立的实验现象里揭示自然界中生生不息,循环往复的本质。

(1) CO₂灭火和支持燃烧

CO₂可以用于灭火,这是众所周知的常识,但是它可以支持燃烧恐怕很多人还不知道。本实验中先让CO₂在一个敞开体系中由低到高地熄灭蜡烛后,再在其中点燃镁条,发生比在空气中还要剧烈的燃烧现象,2种不同的现象,在一瞬间同时表现出来,具有强烈的反差和视觉冲击力。

(2) 以CO₂为反应物制取O₂

CO₂是呼吸后排出的产物,不能支持呼吸,但是本实验中通过其与Na₂O₂反应生成O₂,完成了一个有趣的化学转变。本部分虽然已经在实践中应用,但是结合在演示实验中,还是可以让观看者

感到非常神奇,形象直观地将物质间的转化关系展现出来。

(3) CO₂喷泉实验

在中学及大学课本中提到的喷泉实验大多是NH₃与水反应发生的,以CO₂为反应物进行的很少,但在实际操作中,本反应简单易行,无味无污染,不仅可以在日常生产生活中进行,还可以拓展知识面,打开化学学习者的视野和思路,达到活学活用的目的。

1.2 开放互动型实验平台的设计^[3]

本实验设计简单易行,现象明显,可拆分、可组合。实验中涉及的化学药品简单,其中大多数反应物和反应容器可以在生产生活中找到相应的替代品,尤其在一些中小学可以很方便地进行演示;实验中所发生的各种反应现象均是化学中非常经典的实验,无需多次验证,而且反应现象明显,具有强烈的视觉效果,吸引力很强。

本实验中的各个部分既可以单独的进行演示,也可以组合进行演示。这样可以在教学或交流中逐步深入地激发学习者的求知欲望并进行实验验证,比如实验反应器F中的澄清石灰水就可以用反应A中的产物与氢氧化钠直接制取,无需购置,像这种从实验中来到实验中去思路可以形成效果良好互动型开放实验。

2 实验用品

药品及试剂:稀盐酸、碳酸钙、氢氧化钠溶液、过氧化钠、石蕊溶液、酚酞、蒸馏水

仪器:分液漏斗、锥形瓶、广口瓶、止水夹、滴管、铁架台

其他用品:玻璃管、橡胶管、橡皮塞、蜡烛、火柴

* “2011国际化学年全国化学趣味实验设计大赛”二等奖

** 通讯联系人, E-mail: mozl@163.com

3 实验操作步骤

(1) 组装仪器

按实验装置图(图1)连接好仪器。反应器A的锥形瓶中放入适量的碳酸钙,分液漏斗中注入适量10%的盐酸;反应器C的烧杯中注入配制好的氢氧化钠稀溶液;反应器D中加入适量的紫色石蕊溶液;反应器E中加入适量的 Na_2O_2 粉末;反应器F中加入澄清的石灰水。

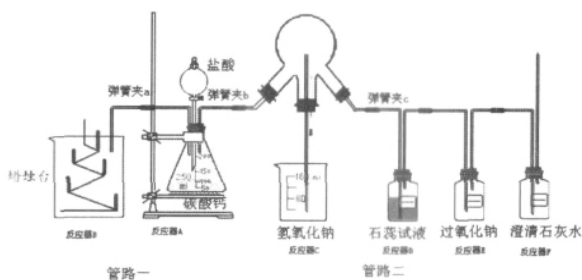


图1 CO_2 性质验证组合实验装置图

(2) 检查装置的气密性

关闭a处弹簧夹,用手捂住圆底烧瓶,伸入烧杯的导管口有气泡产生,松开手,导管内形成一小段水柱,过一会儿,液面不下降,说明装置不漏气。

(3) 制取、收集并检验 CO_2 的灭火和助燃性质

打开a处弹簧夹,关闭b处弹簧夹,旋开反应器A中分液漏斗的活塞,使反应发生,将点燃的蜡烛放入烧杯,观察实验现象;待反应完成后,用坩埚钳夹住一根用砂纸打磨光亮的镁条,在空气中点燃后伸入烧杯中,观察实验现象。

(4) CO_2 制取氧气及其他性质的验证

打开b处弹簧夹,关闭a处弹簧夹, CO_2 经管路②进入反应器C、D、E、F中,依次与紫色石蕊溶液、过氧化钠及澄清石灰水反应,观察每步的实验现象。最后用带火星的木条在管路②的出口处检验生成的气体。

(5) 溶于氢氧化钠溶液的喷泉实验

旋停分液漏斗,停止A中反应,关闭b处弹簧夹、c处弹簧夹,挤压反应器C中的胶头滴管,观察实验现象。

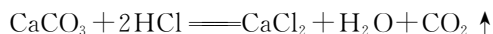
(6) 实验结束,拆除仪器,清洗装置。

4 实验现象及原理

(1) 旋开反应器A中分液漏斗的活塞,盐酸液体滴入 CaCO_3 中,迅速产生白色气泡, CaCO_3 粉末慢慢膨胀并溶解。

实验原理: CO_2 的制备。在实验室里,常用稀盐酸与大理石(或石灰石,其主要成分为

CaCO_3)反应来制取 CO_2 ,反应的化学方程式是:

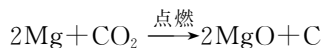


(2) 打开a处弹簧夹, CO_2 经管路①进入反应器B,可以明显看到烧杯中的蜡烛按照由低到高的顺序依次熄灭。

实验原理: CO_2 的物理性质。 CO_2 的密度比空气大,是空气密度的1.5倍,一般情况下, CO_2 不能燃烧也不能支持燃烧。 CO_2 从反应器A中释放出来后,通入放有点燃蜡烛的烧杯,由于 CO_2 不能燃烧,也不支持燃烧,可使蜡烛熄灭,且 CO_2 密度比空气大,所以下层蜡烛火焰先熄灭,上层的后熄灭。

(3) 蜡烛熄灭后,用坩埚钳夹住一根用砂纸打磨光亮的镁条,在空气中点燃后伸入烧杯中,可以看到 CO_2 中点燃的镁条产生耀眼的白光,火星四射,燃烧要比在空气中剧烈,生成白色烟,同时,在烧杯壁出现黑色细小的颗粒物。

实验原理:在通常情况下 CO_2 是不能燃烧也不能支持燃烧,但是并不是在所有情况下, CO_2 都不能支持燃烧。有一些活泼的金属可以在 CO_2 中燃烧,如金属镁。在空气中燃着的镁条可以在 CO_2 中继续燃烧,并且反应剧烈,生成炭和氧化镁。



由此可知,一些活泼金属的灭火不能使用 CO_2 灭火器。

(4) 打开b处弹簧夹,关闭a处弹簧夹, CO_2 经管路②进入反应器C、D,可以看到反应器D中紫色石蕊溶液变红。

实验原理: CO_2 溶于水后生成的碳酸和醋酸一样具有弱酸性,可以使紫色石蕊变红。

实验拓展:碳酸很不稳定,受热或浓度较高时易分解,如果将变红色的石蕊溶液加热,溶液又变成紫色。因此可以在D处设置一个能够加热的容器,但其他反应结束后,进行加热,观察溶液又变成紫色。

(5) CO_2 经管路②从反应器D中反应完成后进入反应器E中,可以观察到淡黄色的 Na_2O_2 粉末逐渐变为白色。

实验原理: CO_2 与过氧化钠反应:通常过氧化钠为淡黄色固体,含有水蒸气的 CO_2 与过氧化钠反应生成碳酸钠,同时放出氧气。

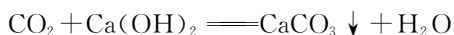


在 Na_2O_2 吸收 CO_2 的反应过程中,不只简单地发生了上述反应,要使此反应发生,必须有水参与反应。水既是一种反应物,也是一种生成物,而

产物水不能引发新的反应,所以在不断提供水的前提下,Na₂O₂才能作为供氧剂和CO₂的吸收剂。

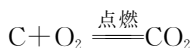
(6) CO₂经管路②从反应器E中反应完成后进入反应器F中,可以观察到澄清的石灰水开始浑浊,产生白色的沉淀。

实验原理:CO₂是酸性氧化物,Ca(OH)₂溶液呈碱性,二者发生酸碱中和反应生成难溶于水的白色CaCO₃沉淀:



(7) CO₂经管路②从反应器F中反应完成后,在管路②的出口处用带火星的木条检验生成的气体,可以看到产生的气体可以让木条的火星复燃或明显变亮。

实验原理:CO₂通过过氧化钠反应放出氧气,带火星的木条本身温度已经达到着火点左右,当其与氧气接触的时候,就满足了燃烧条件,使木条复燃或火星明显变亮。此过程发生氧化反应:



(8) 旋停分液漏斗,停止A中反应,关闭b处弹簧夹、c处弹簧夹,挤压反应器C中的胶头滴管,可以观察到在反应器C中发生NaOH的喷泉现象。

实验原理:喷泉实验的基本原理是使瓶内外在短时间内产生较大的气压差,利用大气压将瓶下面烧杯中的液体压入瓶内,在尖嘴导管口处形成喷泉。当滴管内的氢氧化钠溶液进入烧瓶内时,氢氧化钠跟CO₂迅速反应生成碳酸钠和水:



在短时间内瓶内产生足够的压强差(负压),外界大气压将氢氧化钠溶液压入瓶中,在尖嘴导管口形成“喷泉”,剩余的CO₂又与进入瓶中的氢氧化钠反应,最终使溶液充满烧瓶。

(9) 喷泉实验发生后,喷泉中喷出的无色溶液变为红色,烧瓶顶部的小水车欢快地转动。

实验原理:酚酞为白色粉末,溶于水,无色,遇碱变红,据此在圆底烧瓶内尖嘴导管上固定一个自制水车,在水车叶片上涂上少量酚酞,在喷泉实验发生时,尖嘴导管口喷入的水柱推动叶轮快速转动产生水花,叶轮上的酚酞溶于被吸入的氢氧化钠溶液使溶液立即变红,这样就形成别具特色的彩色喷泉实验。

5 实验结果

通过本实验得到并验证了以下结果:

(1) 通常情况下CO₂不能燃烧也不能支持燃烧;一些活泼金属(如镁)着火后不宜用CO₂来扑灭,需用其他的灭火剂。

(2) CO₂密度比空气大。

(3) CO₂可用氢氧化钠溶液吸收,并可产生喷泉。

(4) CO₂通入水中,可以跟水发生化合反应,生成碳酸。石蕊性状为蓝紫色粉末,是一种植物的色素,它溶于水显紫色,遇酸变成红色。

(5) CO₂可以和一些化合物发生反应提供支持呼吸的氧气。

(6) 干燥的CO₂和过氧化钠不反应;潮湿的CO₂与过氧化钠能反应且放出氧气,可使带火星木条复燃或火星明显变亮。

(7) CO₂与澄清石灰水反应产生难溶性碳酸钙固体。

6 注意事项

(1) 气密性:整个装置都是在进行气体实验,所以实验装置的气密性要好。

(2) 滴加盐酸的速度:加盐酸时速度要适中,太慢生成CO₂的量不够维持后面的实验,太快则可能会产生较大压强,将药品冲出。

(3) 一般镁条表面都有一层氧化物薄膜,实验前应将镁条表面打磨干净,以减少镁条点燃的时间,在实际操作中镁条不宜过长,可以观察到实验现象即可。

(4) 氢氧化钠溶液暴露于空气中易变质,所以应即用即配。

(5) 过氧化钠易变质,实验时需装在干燥的容器中,并尽量避免与空气长时间接触。

(6) 此实验设计中涉及的氢氧化钠、盐酸等均为稀溶液,如果不慎直接与皮肤接触,请即刻用大量清水冲洗。

7 探索及设想

(1) 此实验设计既可以做为中、小学校教学中的演示实验也可以做为大中专院校的探索实验,设计者将在现有基础上再设计一些性能可靠的小附件,增加实验的乐趣和可观赏性。

(2) 本实验设计的原料和仪器大多可以在生产生活找到替代品,下一步将进行替代品的实验,争取将本设计融入大众生活。

(3) 本实验拓展性很强,每一部分都能通过附加简单的反应或仪器验证一些其他的基本知识或生活常识,因此基于最初的设计目的,设计者将力争建立一个开放互动的实验平台,达到以小见大、寓教于乐的目的。

参 考 文 献

- [1] 邢如萍,桂起权. 哲学动态, 2008, (12): 54-60
- [2] 赵映荷. 化学教育, 2012, 33 (3): 54-58
- [3] 熊言林. 化学教育, 2011, 32 (2): 5-8