



铝与纯水反应演示装置的再设计及反应过程探究*

叶永谦^{1*} 张贤金² 吴新建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:铝与水可以反应,但通常在碱性条件下进行。通过使用氯化汞溶液、硫粉、硫化钠溶液及筒形分液漏斗等药品和仪器,对铝与纯水反应演示装置进行再设计,使实验更加直观、简约、无害。通过对现象的分析,可以探究反应进行的过程。

关键词:铝与纯水;演示装置;再设计;探究

文章编号:1008-0546(2015)09-0080-03

中图分类号:G632.41

文献标识码:B

doi:10.3969/j.issn.1008-0546.2015.09.026

铝作为一种活泼金属,具有与水反应的性质。中学演示铝与水反应的实验都是在碱性环境下进行,使用氢氧化钠溶液、氯化汞溶液、氯化钠溶液和煤油等试剂可以设计出铝与水在中性条件下反应的演示装置^[1]。然而,以上设计还存在几个不足之处:一是步骤过于繁杂:该设计前期处理用到氢氧化钠、煤油、氯化汞等,并反复将铝箔浸泡并冲洗,过程比较繁杂。二是结果还存遗憾:实验最后与铝反应的是热的氯化钠溶液,对铝与水反应无需碱性环境是一种突破,但如果能设计出无需氯化钠溶液只用纯水也可以与铝反应的实验,将更具有说服力。三是不够绿色环保:该设计在浪费药品的同时,使用的氯化汞溶液及反应生成的汞单质均有毒,可能造成环境污染。

基于以上不足,本实验进行有针对性的改进。在步骤和药品方面:直接使用氯化汞溶液对铝条进行处理,再用蒸馏水与铝反应,铝与蒸馏水剧烈反应,现象明显。在绿色环保方面:从节约药品的角度,就筒形分液漏斗的规格、氯化汞的浓度、铝条的大小再调整;从防治污染的角度,使用硫粉处理汞蒸气的污染,使用硫化钠溶液处理氯化汞溶液的污染。

一、仪器和药品的调整

1. 筒形分液漏斗规格的确定

为了实现简约化和无害化,本实验将筒形分液漏斗的规格由 1000mL 调整为 250mL,使需要的氯化汞溶液体积从 200 mL 减少到 100 mL,尽量减少氯化汞的用量。

2. 氯化汞溶液浓度的确定

由于常温下配制的氯化汞溶液与铝箔的反应比较缓慢,经过对比,使用温水配制 5%的氯化汞溶液进

行实验,如称取 5g 氯化汞溶解于温水中配制成 100 mL 溶液,所得溶液进行实验反应较快,且可以观察到铝与冷水反应出现明显的白色浑浊。如氯化汞浓度太大,虽反应剧烈,却导致处理污染的成本增加,且产生的白色浑浊很快转为灰色,影响产物的观察。

3. 铝条大小和数量的确定

由于筒形分液漏斗上口口径是 29mm,铝条虽然可以塞进其中,却难以取出。因此,合理的铝条规格应该是长 5cm、宽 1cm 左右,保证反应后可以顺利倒出。同时,为了节约演示时间,必须使用一定数量的铝箔反应,才可以较短时间内观察到明显现象,合理数量一般在 20 条左右。

二、实验步骤与现象

1. 装铝条

将剪好的铝条放入筒形分液漏斗中,装上三角漏斗和导气管(图 1),导气管口不要插入洗涤剂中(洗涤剂可将少量洗手液滴入水中配制而成)。

2. 加氯化汞溶液

关闭玻璃活塞,打开止水夹,从三角漏斗中加入 100mL 温水配制的 5%的氯化汞溶液,使之浸没铝条。铝条与氯化汞溶液立即反应,溶液变浑浊(图 2)。

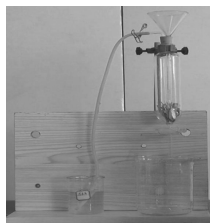


图 1 铝条剪切后装入筒形分液漏斗中

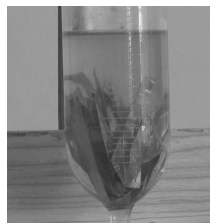


图 2 铝条与氯化汞溶液反应

* 本文系福建省教育厅 2014 年福建省中青年教师教育科研项目(社科 A 类)“高中化学教师学科教学知识发展研究”(课题编号:JAS14360)的研究成果之一。

* 通讯联系人;E-mail:15880968680@139.com



3. 洗涤铝条并验证洗净

上述反应进行一分钟左右,打开玻璃活塞,使溶液全部流出,在溶液流出之前,往盛装溶液的大烧杯中先加两勺硫粉,以处理可能流出的汞单质(图3)。实践发现,5%的氯化汞溶液与铝条反应,一般不会出现汞单质直接流出的情况。



图3 大烧杯中加入硫粉处理汞单质



图4 硫化钠检验氯化汞已洗净

当液体全部流出后,再加入冷水至浸没铝条,并迅速流出,重复三至四次。取最后一次洗涤液于试管中,滴入硫化钠溶液,无明显现象(图4),证明已经不存在汞离子。再取最后一次洗涤液,测定其pH 为中性,证明铝条已经洗涤干净(图5)。

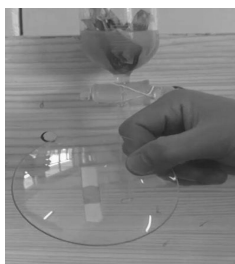


图5 测 pH 检验已洗净



图6 铝与冷水反应表面有气泡冒出

4. 铝箔与冷水反应

铝条洗涤干净后,关闭玻璃活塞,往三角漏斗中加入蒸馏水至充满整个筒形分液漏斗,关闭止水夹,将橡皮导管插入洗涤剂中。铝条与冷水立即反应,表面有气泡冒出(图6),溶液先变白色浑浊,一段时间后变成灰色浑浊,产生的气体将溶液压入三角漏斗,三角漏斗中液面不断上升(图7)。

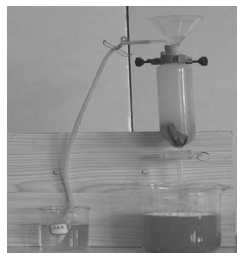


图7 铝与冷水反应溶液变浑浊、液面上升

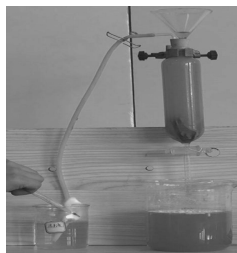


图8 氢气的检验

5. 氢气的检验

打开止水夹后,三角漏斗中液面下降,导气管口有气体冒出并在洗涤剂表面形成气泡,用燃烧着的木条接触气泡可以观察到气泡破裂燃烧(图8)。由于第一次排出的气泡中混有导气管中的空气,爆鸣声显得清脆。再次收集气体并点燃,爆鸣声变得沉闷。

6. 产物的无害化处理

由于洗涤液中含有汞离子,本实验待反应液全部流出后,直接往大烧杯中加入硫化钠溶液进行处理,使之转化为硫化汞沉淀(图9)。



图9 往洗涤液中加入硫化钠溶液

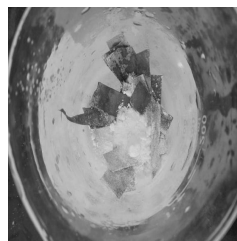


图10 往反应后的铝片表面撒硫粉

对于反应后的铝片,由于表面有汞单质存在,本实验使用硫粉进行处理,使之转化为硫化汞固体(图10、11)。



图11 硫粉处理铝片表面后



图12 洗涤液底部有灰黑色沉积物

使用以上设计方案,不但节约药品、操作简单、现象明显、绿色环保,还节约了演示时间,整套实验演示下来大约在四至五分钟,适合在课堂上进行演示。

三、铝箔可以与冷水剧烈反应的过程探究

在以上实验操作完成后,将溶液全部流出,再装冷水,出现了奇怪的现象:重复10次,每次用水100mL左右,在收集到大约1000mL反应液后,反应依然剧烈。将反应液静置,大烧杯底部有灰黑色固体沉积(图12)。

洗涤液底部灰黑色沉积物到底是什么?联系前述反应中,不管铝条与蒸馏水反应,溶液中总是先出现白色浑浊,一段时间后浑浊变为灰色。白色沉淀是氢氧化铝,而使其变为灰色的原因应该就是这种灰黑色沉积物。为了探究灰黑色物质的成分,本实验做如下



设计:将反应后的灰色浑浊液收集于烧杯中,滴加混有洗涤剂的盐酸,搅拌,一段时间后溶液澄清,溶液表面上的少量气泡用燃烧着的木条靠近,无明显现象(图13)。由此可以判断,灰黑色物质应该是氧化铝的小颗粒,灰色浑浊是白色的氢氧化铝和灰黑色的氧化铝粉末混合的结果。



图13 用燃烧着的木条靠近气泡无明显现象



图14 铝箔表面变黑色

那么,为什么多次换水反应仍能剧烈进行?为了探究其中的原因,本实验设计了如下过程:先让与铝条反应的蒸馏水全部流尽,静置一段时间,观察到铝条表面变为黑色(图14)。再加入冷水,铝条表面的黑色物质不见了,又变为银白色,反应剧烈进行(图15)。



图15 铝箔表面又变为银白色

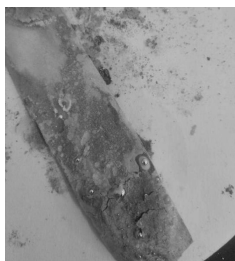


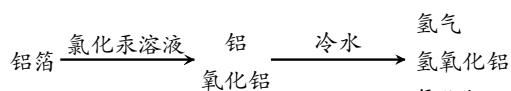
图16 反应后铝箔露置在空气中

根据以上实验对比,可以判断,铝条表面确实有氧化铝粉末存在,但这些氧化铝粉末无法形成致密的保护膜,容易脱落,不能与冷水反应。当这些氧化铝粉末被冷水冲走后,铝条表面露出新鲜的铝,新鲜的铝又与冷水剧烈反应。

取出反应后的铝条,放置在空气中,可以观察到表面极为粗糙,并极易脱落,再次验证了以上猜想。同时,铝条表面还可以清晰地观察到水银球的存在,说明在与冷水反应前确实有铝汞齐存在(图16)。

四、实验结论

使用氯化汞溶液处理铝箔后铝箔可以与水反应的过程如下:

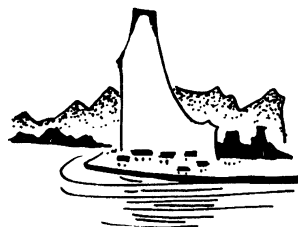


其中,氯化汞溶液有三个作用:一是氯化汞溶液中汞离子可以破坏铝表面的氧化膜;二是氯化汞溶液与铝反应形成铝汞齐,可以阻止致密的氧化膜重新生成^[2];三是氯化汞溶液中的氯离子能够穿破膜孔或者膜表面裂缝,可以防止氢氧化铝覆盖在铝的表面^[3]。

以上方法处理后的铝条与冷水接触,即便不再有氯离子的作用,依然可以观察到表面有气泡冒出、三角漏斗中液面上升、洗涤剂表面产生的气泡燃烧及爆鸣声,证明产生的气体是氢气。筒形分液漏斗液体中出现的白色浑浊,可以判断反应有氢氧化铝生成。白色沉淀变灰色,与盐酸反应变澄清且无气体生成,可以判断反应过程中铝箔表面有黑色氧化铝粉末存在。用冷水浸泡后,氧化铝粉末容易脱落,此时露出的新鲜的铝能与冷水剧烈反应。综合以上现象,可以判断铝可以与冷水直接反应,铝与水反应不一定需要在碱性条件下进行。

参考文献

- [1] 叶永谦. 铝与水反应演示实验装置的设计[J]. 化学教学, 2015, (2): 62-63
- [2] 荆入德. 铝与水反应实验的设计[J]. 化学教学, 2005, (11): 7-8
- [3] 李明余, 朱永侃. 卤素离子对镁、铝与水反应的影响研究[J]. 实验仪器与教学, 2005, (4): 32-33



铝与纯水反应演示装置的再设计及反应过程探究

作者: [叶永谦](#), [张贤金](#), [吴新建](#)

作者单位: [叶永谦\(福建省南安市侨光中学 福建南安 362314\)](#), [张贤金, 吴新建\(福建教育学院化学教育研究所 福建福州 350025\)](#)

刊名: [化学教与学](#)

英文刊名: [Chemistry Teaching And Learning](#)

年, 卷(期): 2015(9)

引用本文格式: [叶永谦](#). [张贤金](#). [吴新建](#) 铝与纯水反应演示装置的再设计及反应过程探究[期刊论文]-[化学教与学](#) 2015(9)