

铜与硝酸反应实验的改进

江苏省梁丰高级中学 215600 杜 娟

苏教版高中化学必修一专题四第二单元中有一个经典的实验:探究硝酸性质的实验。教材实验是将浓硝酸放置于分液漏斗当中,铜放于试管中,使用排水集气法对实验产生的气体进行收集。但是此实验仍然存在诸多不足的地方:由于仪器在开始实验之前本身不处于真空状态,因此实验过程中会有氧气,对于实验产生的红棕色气体来源的判断有影响;反应无法做到绿色化,生成的气体污染环境,没有及时处理;实验无法做到随开随停,只能让反应进行到反应物消耗完为止。现针对上述几个不足的地方,对铜与硝酸反应的实验进行如下改进。

一、铜与硝酸反应实验改进意见一

1. 实验装置(如图 1 所示)

2. 实验步骤

(1) 按实验装置图连接好试管和注射器。

(2) 使用铜丝来加大反应的接触面积。将螺旋状的铜丝直接插入到大试管中,盖紧瓶塞,使用

注射器向试管内注入 3 mL 的浓硝酸。可以观察到试管中迅速产生大量红棕色气体。

(3) 待大试管内充满红棕色气体之后,使用大试管上方右侧的注射器吸取出一定量的气体,然后通过左边的注射器向大试管内注入适量的水。待大试管内红棕色气体彻底消失以后,注入空气。这里可以看到注入水以后,红棕色气体变为无色,当注入空气以后,又变为红棕色。

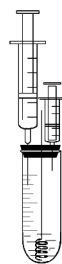


图 1

(4) 分别通过左右两只注射器,注入浓硝酸和蒸馏水,进行稀硝酸与铜丝的反应。可以观察到反应相比之前变得缓慢,铜丝表面不断有无色气泡冒出。

(5) 实验结束后,使用注射器向试管中注入足量的氢氧化钠溶液,然后注入空气,直至试管内

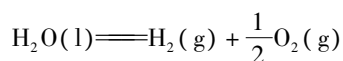
► 应热相一致。因此可以利用盖斯定律进行反应热的计算,高考也常设为考点对学生的分析计算能力进行考查。

例 4 近几年研究人员研发利用太阳能分解水,将其生成的氢气在催化剂的作用下和二氧化碳发生反应来生成甲醇,并同步开发以甲醇作为燃料的电池。 $\text{H}_2(\text{g})$ 、 $\text{CO}(\text{g})$ 和 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ 的燃烧热 ΔH 分别为 $-285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $-283 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和 $-726.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,回答下列问题:

(1) 利用太阳能来分解水,如果分解 10 mol 的水需要消耗多少太阳能;

(2) 写出甲醇在不完全燃烧的情况下生成 CO 和液态 H_2O 的热化学方程式。

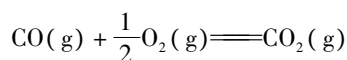
解析 (1) 水分解的化学方程式为



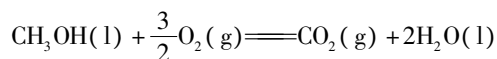
其逆反应可以看作是氢气燃烧的反应式,而氢气

的燃烧热为 $-285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,则水分解应为吸热反应,热效应为 $\Delta H = +285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。因此分解 10 mol 的水要消耗 2858 kJ 的能量。

(2) 书写甲醇不完全燃烧情况下的热化学方程式需要计算相应的反应热,由题设条件

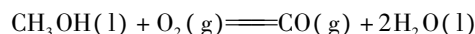


$$\Delta H_1 = -283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \quad (1)$$



$$\Delta H_2 = -726.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \quad (2)$$

利用盖斯定律,② - ①可得:



$$\Delta H = -443.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

即 1 mol 的甲醇不完全燃烧生成 CO 和液态 H_2O 的过程会放出 443.5 kJ 的热量。

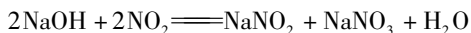
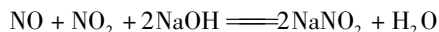
(收稿日期:2017-12-25)

部的红棕色气体全部消失,同时出现蓝色絮状物质,则此实验结束。

3. 实验改进后的优点

- (1) 实验器材简单易得,操作简单。
- (2) 实验第三步可以用来验证一氧化氮气体和二氧化氮气体之间的相互转化。从而对第二步实验产生的气体进行判断。

(3) 实验最后一步的目的是为了对实验过程中产生的尾气进行科学化的处理。氢氧化钠加入到一氧化氮与二氧化氮的混合气体当中时,氢氧化钠不与一氧化氮单独反应,但是可以单独与二氧化氮反应,和与混合气体反应。反应过程中的方程式如下:



二、铜与硝酸反应实验改进意见二

1. 实验装置(如图 2 所示)。

2. 实验步骤

- (1) 根据图示连接好实验器材。
- (2) 在锥形瓶中加入 50 mL 的浓硝酸,然后使用蘸有氢氧化钠的棉花堵住瓶口,将铜丝放入移液管中部,把移液器插入到锥形瓶当中,分别使用弹簧夹固定移液管的上下部分的连接软管。



图 2

(3) 使用洗耳球从移液管上方的橡皮管进行吸气,使浓硝酸从锥形瓶充满整个移液管中部,关闭上方的弹簧夹,这时铜丝与浓硝酸在移液管中部充分反应,生产 NO_2 气体,致使液面下降,固液分离,反应停止。这时关闭下方弹簧夹。

(4) 打开上方弹簧夹,从移液管上方注入 10 mL 的水,此时上一步反应生成的 NO_2 将与水反应生产 NO 。使用注射器从移液管中吸取部分 NO 。

(5) 向锥形瓶中注入适量的水用以稀释浓硝酸,然后打开下方弹簧夹,由于上一步吸取 NO 导致移液管中部气压降低,因此稀硝酸会被吸至移液管中部。铜丝与稀硝酸反应较为缓慢,待产生明显的固液分离的现象以后,打开上方弹簧夹,向移液管内注入空气,气体颜色由无色变为红棕色。

(6) 待反应完全停止以后,从移液管上方注入氢氧化钠溶液。

3. 实验改进后的优点

- (1) 通过弹簧夹的控制来调整实验加入物品的操作,简化了操作的复杂度。
- (2) 蘸有氢氧化钠的棉花球堵住锥形瓶瓶口,防止二氧化氮逸出污染空气,实现实验的绿色化。

三、铜与硝酸反应实验改进意见三

1. 实验装置(如图 3 所示)

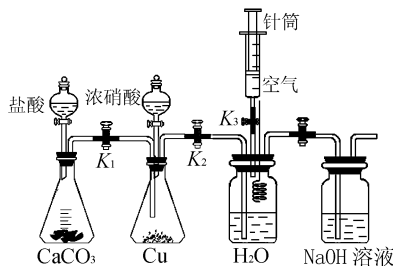


图 3

2. 实验步骤

- (1) 按照图示连接好实验器材,添加药品。
- (2) 关闭 K_1 和 K_3 开关,打开 K_2 。将分液漏斗中的浓硝酸加入到锥形瓶中,与铜反应,会观察到锥形瓶内部反应剧烈,出现大量红棕色气体,然后立即关闭分液漏斗活塞。
- (3) 打开 K_1 ,打开第一个分液漏斗,使分液漏斗中的盐酸进入锥形瓶当中,与碳酸钙反应,生成二氧化碳,将第二个锥形瓶的二氧化氮气体赶入第一个集气瓶中,与水充分反应。

(4) 关闭 K_1 和 K_2 ,将铜丝插入到集气瓶中,即发生的是铜与稀硝酸的反应。可以观察到铜丝表面有无色气泡,即生成了无色的 NO 气体。此时提起铜丝停止反应。

(5) 通过注射器,向集气瓶内注入空气,可以观察到集气瓶内出现红棕色气体,即一氧化氮生成了二氧化氮。

3. 实验改进后的优点

(1) 在这套装置实验中,没有通过蒸馏水稀释来得到稀硝酸,而是通过铜与浓硝酸反应生成的二氧化氮与水反应生成稀硝酸。

(2) 为了排除实验装置中本身存在的氧气对于实验的影响,通过第一个锥形瓶内部的反应生成的二氧化碳将氧气排尽。

(3) 盛装氢氧化钠的集气瓶用以尾气吸收,避免环境污染。

(收稿日期:2017-11-25)