

镰刀形量气装置及其在测量气体生成速率实验中的应用*

李崇颀, 叶永谦, 陈桂森

(福建省南安市侨光中学, 福建南安 362314)

摘要: 针对教材中测量气体生成速率精确度不高及启普发生器的不足等问题, 设计了镰刀形测量气体生成速率实验装置, 操作简便、精确度高。使用该装置研究浓度、温度、催化剂等外界因素对反应速率的影响, 可以将教材中的定性研究实验提高到定量研究的层面, 有利于从证据推理和实验创新的维度培养学生的化学学科核心素养。

关键词: 气体生成速率; 精确度; 镰刀形; 量气装置; 实验改进

文章编号: 1005-6629(2018)2-0058-03

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

1 问题的提出

在高中化学苏教版选修四《化学反应原理》关于气体生成速率的测定实验中, 使用锥形瓶作为气体发生装置, 使用玻璃注射器收集生成的气体, 通过注射器的刻度变化读出气体在不同时间段的生成体积, 从而求出其生成速率(图1)^[1]。该装置可以直接观察到气体的生成, 但注射器的刻度读数只能精确到1毫升, 对于反应速率的测量还较为粗略。为了提高测量气体生成速率的精确度, 必须对该装置进行重新设计。

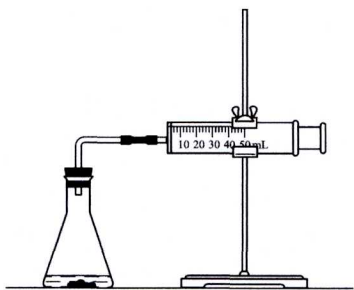


图1 使用玻璃注射器测量生成气体体积装置

2 设计思路

中学实验室测量体积较为精确的仪器是滴定管, 可以估读到0.01毫升。如果将滴定管和发生装置相连接用于测量气体体积, 必须使用排液法将液体排入滴定管中, 再根据滴定管中液面读数的变化计算生成气体的体积。又由于滴定管量程为25毫升或50毫升, 发生装置要具备可以控制气体发生和结束的功能, 因此宜选择启普发生器

作为发生装置与碱式滴定管组合测量生成气体的体积。设想的装置如图2所示。考虑到滴定管中的液体上升后会增大对发生器中的气体的压强, 如液面上升10厘米, 压强将增加大约98 Pa, 故选择25毫升量程的碱式滴定管为宜。液面上升增加的压强可能对气体体积的测量带来微小的误差, 如在1标准大气压环境下10毫升气体体积为9.99毫升, 误差为0.01毫升, 属于可以忽略的范围。

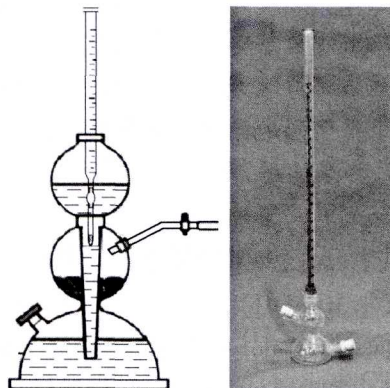


图2 使用启普发生器和碱式滴定管组合测定生成气体体积装置

3 仪器的设计

在实际使用中, 发现启普发生器存在不足, 改进方法如下: 启普发生器上部分球形漏斗不方便将液体倒入, 将其改为三角漏斗; 下部分葫芦式底座体积太大, 浪费大量药品, 将葫芦形改为筒形, 保留中间的凹陷设计, 容积减小为100毫升; 为方便洗涤仪器和液体流出, 借鉴分液漏斗设计, 在筒形

* 本文为福建省中学化学严安名师工作室阶段性研究成果。

底部增加分液活塞;为了使液体能够充满反应器,将导气管的位置上移并增加倾斜角度。改进后的发生装置形状类似镰刀(图3),故取名镰刀形气体发生器。镰刀形气体发生器由中间带有凹槽的双节管(分上管下管)、镰刀形导气管、导气活塞、排液活塞、排液管等几部分组成。

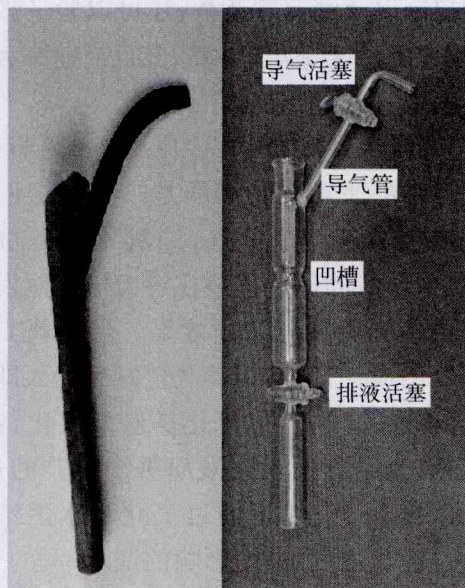


图3 镰刀形气体发生器

为了让碱式滴定管能插入三角漏斗下管,根据滴定管直径重新设计制作三角漏斗;使用橡皮套套在碱式滴定管下端,使其能紧贴三角漏斗,确保气密性良好。将镰刀形气体发生器和三角漏斗、碱式滴定管装配好,用铁架台固定。整个装置名称定为“镰刀形测量气体生成速率实验装置”。具体装置及实物图如图4所示。

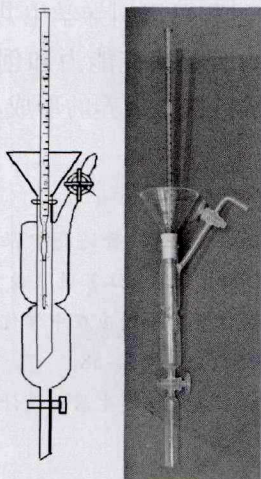


图4 镰刀形测量气体生成速率实验装置图

按图4将仪器组装后,镰刀形气体发生器上管用作气体发生装置,块状固体放在其中;三角漏斗用于加入液体反应物;碱式滴定管用于承接因气体生成而排出的液体并读出其体积。镰刀形导管用于导出气体,其位置及形状设计目的在于确保液体可以充满发生器。发生器下端玻璃活塞用于控制液体的流出,可对固体反应物进行洗涤或者换用其他液体与该固体继续反应。

4 实验操作

以锌与稀盐酸反应为例,使用滴定管测速装置测定生成氢气的速率。选择稀盐酸而不用稀硫酸,是由于稀盐酸中存在氯离子效应^[3],有利于课堂上短时间内完成实验并观察到明显现象。

4.1 检验气密性

按图4装配好仪器,关闭所有玻璃活塞,往三角漏斗中加水,一段时间后水无法顺利流下,且三角漏斗下管内外液面存在高度差。打开导气管上的玻璃活塞,从三角漏斗中插入碱式滴定管至橡皮管套套住漏斗收口处。用洗耳球往导气管中充气,碱式滴定管中液体上升,说明整套装置气密性良好。

4.2 装锌片

将镰刀形发生器平放,往上管中加锌片若干片。插入三角漏斗至下管口伸进发生器下管。正立该发生器,固定在铁架台上。

4.3 氢气的制备

关闭排液活塞,打开排气活塞,插入碱式滴定管并留出空隙,往三角漏斗中加入稀盐酸(滴有2至3滴甲基橙,用于显色),使其沿着碱式滴定管和三角漏斗下管的空隙中流入并充满整个发生器,再塞紧碱式滴定管使橡皮管套与三角漏斗收口处紧密接触,关闭排气活塞。

4.4 氢气的收集及体积的测定

反应开始后,产生的气体将液体压入碱式滴定管,当液面上升至某一刻度时使用秒表开始计时,记录液面上升到另一液面时结束计时,即可算出该气体生成的速率(以毫升/秒为单位)。例如,在27℃的温度条件下,使用6片长2厘米、宽1厘米的锌片与浓度为1.0 mol/L的稀盐酸反应,使用秒表记录。当液面到达碱式滴定管的16.00

毫升刻度时开始计时,当液面上升到 4.00 毫升刻度时结束计时,所用时间为 5.24 秒。将所生成气体的体积 12.00 毫升,除以所用时间 5.24 秒,可以计算出该条件下氢气的生成速率是 2.29 毫升/秒,此数据比使用注射器测量气体生成速率计算出的结果精确度明显提高。

5 拓展应用

使用镰刀形测量气体生成速率实验装置,除了可以精确测量气体的生成速率,还可以应用在影响化学反应速率外界因素的演示实验上。苏教版选修四《化学反应原理》有关“影响化学反应速率的因素”的演示实验中,使用气球的膨胀快慢对比浓度的影响,使用溶液颜色的变化快慢对比温度的影响,使用氧气气泡的生成快慢对比催化剂的影响^[2]。以上演示实验现象虽较为明显,但仅从现象上进行定性比较,缺乏定量上数据的支撑。使用镰刀形测量气体生成速率实验装置控制条件测定反应速率,有利于定量分析测得数据,从更加科学严谨的角度引导学生研究外界因素对化学反应速率的影响。

5.1 演示浓度对化学反应速率的影响

配制中等浓度盐酸和稀盐酸各 100 毫升,分别滴入 2 至 3 滴甲基橙搅拌后待用。剪取长 2 厘米、宽 1 厘米的锌片各 6 片,分别放入两套镰刀形气体发生器的上管中,分别插入三角漏斗固定在铁架台上。关闭排液活塞,打开导气活塞。请两位学生配合,同时将中等浓度的盐酸和稀盐酸倒入发生器至充满,插入碱式滴定管,关闭导气活塞。观察记录液面在碱式滴定管上升的刻度及所用时间,即可深刻体验浓度对化学反应速率的影响。在具体读数过程中,要注意发生器中液面下降到锌片露出时就不能再读数了,因为此时锌片与稀盐酸的接触面积发生变化影响反应速率。从控制变量的角度,必须保证只有浓度一个变量,因此必须确保锌片完全浸没在溶液中,使用此装置比较反应速率读数时都必须注意这个问题。

5.2 演示温度对化学反应速率的影响

具体操作步骤与浓度的影响类似,所不同的

是要配制 200 毫升稀盐酸,滴入甲基橙搅拌后,再分成 100 毫升两杯,其中一杯放入开水中进行水浴加热,另一杯常温放置。再请两位学生配合,同时将热的盐酸和常温的盐酸分别倒入两套发生器反应,按与浓度比较相同的操作后,观察两个液面的上升刻度与时间的关系并记录。通过精确的水浴温度控制以及滴定管读数,还可以验证教材中“许多反应的温度每升高 10K,其反应速率大致增加 2 至 4 倍”的定量结论^[4]。

5.3 演示催化剂对化学反应速率的影响

教材中的演示实验用的是二氧化锰催化过氧化氢溶液分解生成氧气,二氧化锰是粉末状的,无法像块状固体一样放在镰刀形气体发生器的上管中达到固液分离的效果。借鉴藕节式气体发生器的设计,将其用棉花包好后放入即可解决这个问题^[5]。由于过氧化氢遇二氧化锰反应非常迅速,为了方便观察液面缓慢上升的过程,应配制浓度在 5% 以下的过氧化氢水溶液。其余操作过程与浓度、温度影响的演示一样。可以观察到,加入二氧化锰的滴定管中液面快速上升,而未加二氧化锰的过氧化氢溶液基本无明显变化。

以上镰刀形测量气体生成速率实验装置已在课堂上投入使用,由于该装置测量气体生成速率精确度高,现象明显,有利于引导学生从定量的角度研究问题。通过收集数据、分析数据,使用数据进行验证,提高学生的证据推理能力。核心仪器镰刀形气体发生器的设计源于对启普发生器不足的改进,其改进过程可以引导学生共同参与,在改进中培养学生的实验探究能力和创新意识,从而促进学生化学学科核心素养的形成。

参考文献:

- [1][2][4] 王祖浩主编. 普通高中课程标准实验教科书·化学反应原理[M]. 南京:江苏凤凰教育出版社,2014.
- [3] 王程杰. 关注氯离子效应在中学化学实验中的应用[J]. 化学教学, 2015, (11): 53~58.
- [5] 叶永谦. 藕节式气体发生器的设计及应用[J]. 化学教学, 2017, (1): 71~74.