



“注射器针头作电极”的微型水电解装置设计

汤雅萍

(厦门市集美区灌口中学,福建厦门 361023)

摘要:人教教材采用霍夫曼电解装置研究水的组成,存在仪器携带和实验操作不方便、电解速度慢且误差大等缺点。对此,可在专家改进的基础上结合教学实际采用注射器再次改进水的电解实验装置,用注射器针头作电极材料,体现了微型化装置易操作,经济环保,实验现象明显,气体易于检验的特点。改进后的电解实验装置可以运用于演示实验和学生实验。

关键词:注射器针头;注射器;电解水;电解装置;装置创新

DOI:10.19935/j.cnki.1004-2326.XXXX.XX.001

《义务教育化学课程标准(2011年版)》指出,化学学科是以实验为基础的^[1]。化学实验就像一种正催化剂,通过在教学过程中创设以实验为基础的探究活动,可以激活课堂,激发学生的学习兴趣。在引导学生观察、实验和讨论中可以培养学生的科学探究与创新意识等化学学科核心素养。初中阶段的化学学习涉及很多实验,但是有些实验药品和反应产物会对环境造成污染;有的操作性不强,不方便进行课堂演示或是分组实验。在教学中为了给学生展示更直观的实验现象,不少教师对一些实验进行了改进创新。小型化实验越来越备受关注与喜爱^[2]。

1 教材存在的问题

水的电解实验是初中化学中一个重要的实验。在初中人教教材中采用霍夫曼水电解装置来进行实验,装置如图1所示。该装置存在以下缺点:装置是玻璃材质、体积大,需要铁架台支撑,不便于携带;电解速率低,影响教学进度; H_2 和 O_2 的体积比大于2:1;检验气体时流速控制不当,容易引起液体喷射,实验效果不佳;装置采用铂作电极,电极面积小且昂贵。这些都给教师演示实验或者学生实验带来了不便。因此,水的电解实验创新引起了大家的重视。

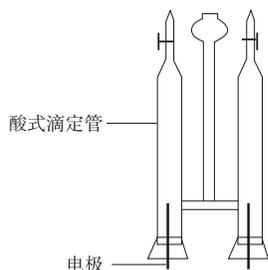


图1 霍夫曼水电解器装置

2 已有的改进

查阅文献发现,专家分别对电解水的实验装置、电解质溶液、电极做了改进。

2.1 从实验装置的角度

丁昭兰用刻度H管和粗铜丝改进电解水的实验,装置如

图2所示^[3]。在刻度H管中下部横管的支管上连接一个长颈漏斗,用带电极的胶塞塞紧下管口。装置较易携带,实验过程中加液方便,从刻度H管可以读出气体的体积,但是长颈漏斗放中间,会导致两电极距离远,电解速率慢,装置加工较复杂。

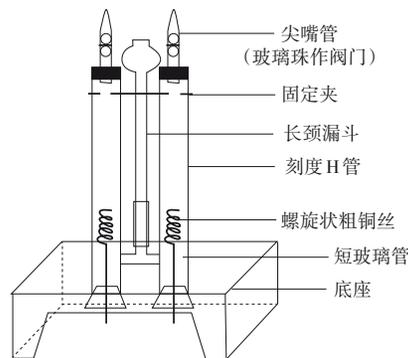


图2 丁昭兰改进的电解水实验装置

高智超等利用注射器和铜电极改进电解水的实验,装置如图3所示^[4]。

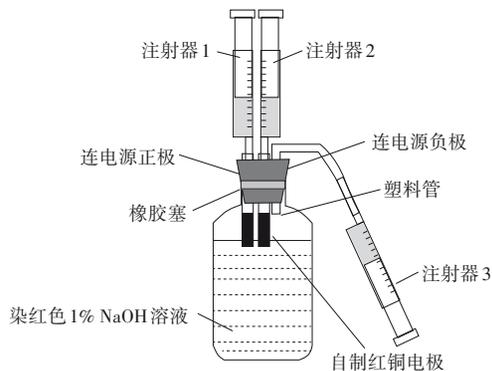


图3 高智超等改进的电解水实验装置

在红铜电极上套上塑料管,上端插入橡皮塞中,将导线穿过橡皮塞与红铜电极连接,装上注射器。加液时需要分别取下注射器1、注射器2,用注射器3向瓶中打气,让电解液进入塑料管。在实验过程中手不用接触电解液,可以防止手被腐蚀,注射器可以读出气体的体积,虽然装置体积小便于携

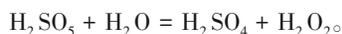
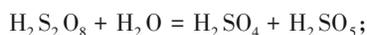
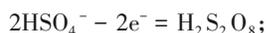


带,但是装置加液比较麻烦。

除此之外,还有教师用注射器、U形管、V形管等仪器进行改进,但仍存在操作困难、装置加工繁杂、气体读取检验不便等缺点,存在改进的空间。

2.2 从电解质溶液的角度改进

直接用水电解往电解速率慢。为了提高电解效率,研究者经常在电解水实验中加入电解质溶液。一般常用的电解质溶液有硫酸、氢氧化钠溶液,个别采用硫酸钠溶液、硫酸二氢钾溶液。用硫酸作电解质溶液,阳极发生副反应:



生成的 H_2O_2 在硫酸溶液中较稳定,较难反应生成氧气,造成 O_2 与 H_2 体积比小于1:2,且活泼电极会与硫酸发生反应。硫酸钠、硫酸二氢钾在常温下固体溶解度较小,配制出来的溶液较稀,电离出来的离子只能加快电解液中电荷的传递速率,不参与电极反应,电解速率较慢。因此,氢氧化钠溶液更适合做电解质溶液。

2.3 从电极的角度改进

电极材料的性质是影响实验结果的重要因素,而且电极材料的选择受电解质溶液的影响。以氢氧化钠溶液作电解质,虽然惰性电极铂备受青睐,但是价格昂贵。因此,研究者经常用回形针、铁、保险丝(铅锡合金)、铜作为电极材料^[5]。在专家研究基础上可以得出结论,以氢氧化钠溶液作电解质溶液,电极采用铁作为材料的效果较好。

3 电解水实验的再创新

为了达到更好的实验效果,笔者在文献综述的基础上设计了一套电解水的微型实验装置,可以用于教师演示实验和学生分组实验,装置加工简单且轻便,实验现象明显,与“科学探究与创新意识”“科学态度与责任感”的化学学科核心素养的发展要求相呼应。

3.1 改进目的

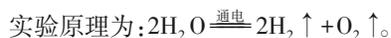
(1) 经济适用:利用塑料注射器、针筒作反应容器,利用针头作电极。

(2) 加快速率:缩短两电极距离,用20%氢氧化钠溶液作电解液,用20 V学生直流电源作电源。

(3) 效果明显:随时读取气体体积,气体检验方便。

(4) 易操作:装置组装简单,操作方便。

3.2 实验原理



3.3 试剂与仪器

试剂:氢氧化钠固体,紫色石蕊试剂,蒸馏水。

仪器:两支50 mL注射器、两根0.9 mm×80.0 mm注射器针头、红黑导线、0~30 V学生电源、电解槽、酒精灯、玻璃棒、火柴、木条、凡士林。

3.4 电极选择

该实验选用注射器针头作为电极。注射器针头是采用304不锈钢材料制成的,主要成分为铁,含有18.0%~20.0%的铬,8.0%~11.0%的镍。根据Nernst方程计算其电极电势如下:

$$E_{\text{Fe(OH)}_2/\text{Fe}}^0 = -0.877 \text{ V}, E_{\text{Fe(OH)}_3/\text{Fe(OH)}_2}^0 = -0.56 \text{ V};$$

$$E_{\text{O}_2/2\text{OH}^-}^0 = -0.401 \text{ V}, E_{\text{H}_2/\text{OH}_2}^0 = -0.828 \text{ V};$$

$$E_{\text{O}_2/2\text{OH}^-} = E^0 + \frac{0.059}{4} \lg \frac{1}{[\text{OH}^-]^4} = -0.401 - 0.059 \lg [\text{OH}^-];$$

$$E_{\text{H}_2/\text{OH}_2} = E^0 + \frac{0.059}{2} \lg \frac{1}{[\text{OH}^-]^2} = -0.828 - 0.059 \lg [\text{OH}^-]。$$

质量分数为20%的NaOH溶液其物质的量浓度为:

$$c = \frac{1000\rho\omega}{M} = \frac{1000 \times 1.22 \text{ g/mL} \times 20\%}{40 \text{ g/mol}} = 6.1 \text{ mol/L}, \text{ 则}$$

$$[\text{OH}^-] = 6.1 \text{ mol/L};$$

$$E_{\text{O}_2/2\text{OH}^-} = -0.45 \text{ V}, E_{\text{H}_2/\text{OH}_2} = -0.87 \text{ V}。$$

电极电势越低的还原物先在阳极放电,电解液碱性越强,氢氧根离子越容易放电产生氧气。在碱性溶液中,不锈钢针头更耐腐蚀,因此,选择碱性电解液作电解质溶液时,采用注射器针头作电极,电解速率更快,且它具有双面电极面积,能进一步提高电解效率。

3.5 实验装置

(1) 注射器改装。将针头的光滑表面粗糙化,将针头钻过活塞底部边缘处,并穿透胶塞,在针头的底部涂上凡士林或石蜡,将导线缠绕在针头底部,将活塞装入注射器空筒。改装的注射器如图4所示。



图4 改装的注射器

(2) 电解槽口用透明胶带封住,并剪下两个孔心间距为2.5 cm的注射器大小的孔(图5)。

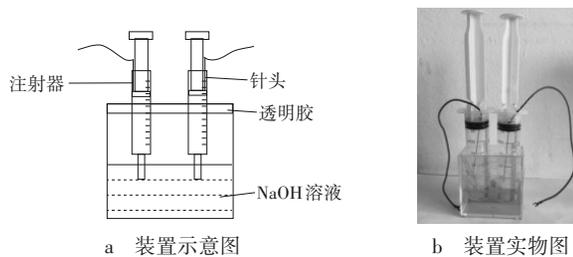


图5 电解水实验的创新装置

3.6 实验步骤

(1) 将蒸馏水煮沸冷却后,配制20% NaOH溶液,并将溶液倒入电解槽中,滴入几滴紫色石蕊试剂(溶液变蓝)。



(2) 注射器排尽空气,取 60 mL NaOH 溶液,并将针尖调节到刻度 15,调节高度便于观察。

(3) 接通电源(电压 20 V),观察实验现象。

(4) 阴极气体检验:将注射器头朝上,装上注射器针头,将针筒靠近酒精灯火焰,持续推动活塞,观察现象。

(5) 阳极气体检验:将注射器头朝上,将针头朝向带火星的木条,持续推动活塞,观察现象。

(6) 实验结束,拆下装置,对废液进行处理。

3.7 实验现象分析

正负极上均有大量气泡生成,且产生的速率很快;注射器内液位逐渐下降,与电源负极相连的注射器液位降低得更快,液位下降比例始终约为 2:1,这说明负极与正极生成气体体积比接近 2:1。负极连接的注射器靠近酒精灯,推动活塞气体能被点燃,且火焰为淡蓝色,说明负极产生的气体是氢气。正极连接的注射器靠近带火星的木条,推动活塞木条复燃,说明正极生成的气体是氧气。

3.8 废液处理

实验结束后,直接将反应后的碱废液倒掉会造成环境污染,为了在化学教学中建立环保意识,实现绿色化学的核心理念,在废液中加入酸进行处理,使其 pH \approx 7。

4 实验设计的优点和缺点分析

(1) 传统实验装置体积大、易碎,不便携带,而此装置体积小,注射器为塑料材质不易碎,便于携带和走动演示,适用于教师演示实验和学生分组实验。

(2) 传统实验装置电解速率慢,检验气体时流速不好控制,电极昂贵,而此装置采用 NaOH 溶液作为电解液,缩短了两电极距离,加快了电解速率,用针头作电极,材料易得且电极面积大。利用注射器对气体进行检验,解决了流速控制不方便的问题。

(3) 传统实验装置实验现象不明显,而此装置利用注射

器作电解容器,可以随时读数,且观察到液面下降比例一直约为 1:2,误差更小。

(4) 传统实验装置改进加工相对比较复杂,而该装置仪器加工简易,只需将注射器针头穿过活塞和胶塞即可,且材料易得。

5 实验小结与反思

在创新该装置过程中,不仅对教材中的实验内容进行深入学习研究,而且对一些不适合在课堂进行演示的实验进行改进,拓展了学生思维。同时该装置操作简单,电解效率高,实验现象直观便于观察,提高了学生对小型化实验的兴致和热情,也让学生体会到化学实验的多样化,提倡学生从自身的生活中去寻找实验创新的灵感,培养学生团结合作的能力。

实验是化学教师必备的一项专业技能。初三化学课时有限,导致我们在教学中往往对一些不易操作的实验直接采用播放实验视频的方式,没有给学生进行演示,违背了化学实验的育人功能,甚至剥夺了学生做实验的权利,与现在我们所提倡的“立德树人”目标相违背,不利于学生实验关键技能的养成。因此,我们要对教材实验装置进行不断探索,寻找更优化的方案,提高实验教学效率,同时,培养学生追根溯源,探索新知识的能力,实现化学学科核心素养的培养。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部.义务教育化学课程标准(2011年版)[S].北京:北京师范大学出版社,2011.
- [2] 蒋新芳.例谈“简异”化学实验创设的教学价值[J].化学教育,2013(9):57-58.
- [3] 丁昭兰.新改进的水电解实验装置[J].化学教学,2015(10):73-75.
- [4] 高智超,杨国田,冯荣堂,等.初中化学“电解水实验”的改进[J].中学化学教学参考,2016(6):63.
- [5] 郝金声.电解水实验影响因素比较[J].贵州教育学院学报,2007(2):52-54.

◆ 资讯平台 ◆

“新时代四川省中小学教育装备建设质量的研究” 专项课题开题会议召开

本刊讯 2022年3月28日,四川省学校国有资产与教育装备中心召开“新时代四川省中小学教育装备建设质量的研究”开题会议。

会议指出,该课题的研究,将为推动四川省新时代中小学教育装备建设,出台相关教育装备建设指南及教育装备产品质量管控政策提供科学依据和支撑。

会议要求,课题组要认真汲取和研读专家的意见和建议,紧扣新时代教育高质量发展主题,聚焦教育装备建设质量,加强学习、深入调研。一是要找准课题研究问题的“切入点”,坚持课题研究方向与中心业务工作同频共振;二是要继续深化课题研究内容,确保研究成果具有针对性和可

操作性;三是要梳理细化专家意见,明确分工,落实责任,加强调研,高质量完成课题研究。

专家组对本课题开展的理论和现实意义给予了充分肯定,提出了具体修改意见。

会上,课题负责人就课题基本情况进行了介绍,主要参研人员对新时代教育装备建设质量主要问题界定、开展的背景、目标和内容、预期研究成果、研究效益等方面进行了阐述。

四川省教育厅基建后勤处、基教处、教科院相关领导、专家以及课题组成员参加了此次会议。

(记者 尹晓波 通讯员 王志成)