創意微型實驗—微型電解裝置

方金祥

創意微型科學工作室

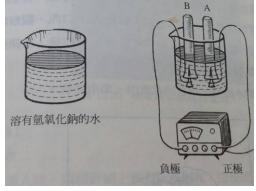
chfang1273@yahoo.com.tw

「水的電解」在化學教師之教學及學生的學習過程中是一項很重要、也很實際而且 又非常有趣的實驗,有關水的電解設計已有 很多報告,進行水的電解最重要的目的是實 驗結果要明確且能使電解過程中在負極產生 之氫氣和在正極產生之氧氣之體積比為2:1。 示,此實驗裝置是當年教材編審委員祈明輝老師來函要求列入教材供師生參考。電解實驗之主要目的是要將水電解後,能以簡易的方法檢驗出在電解管中所收集到的氣體分別是氫氣與氧氣,並且能直接從電解管上之刻度觀察到產生之氫氣與氧氣之體積比為 2:1。然而教材上所設計的實驗裝置及所用之器材雖然很簡單,但是操作不方便,效果也不

■ 電解的定義

電解在化學實驗上可分為水 的電解與一般電解質溶液之電解 (如常見的硫酸銅溶液之電解) 等二種.茲以在中學較常用的水 的電解為例。所謂電解即是將直 流電源接在兩支電極並使其插入 電解質溶液中,當通入直流電時 正負兩極便會即刻發生化學變化 而將水加以分解,在正負兩極表





相片一:八十八年版國中理化課本中所採用之水電解裝置 示意圖

面都為有氣體產生,此一過程稱為電解。

■ 電解的基本概念

一、傳統水的電解裝置

國中理化以及高中化學實驗教材中所採用的簡易電解裝置,如相片一及相片二(左)所示。在國編版民國八十八年版八月初版的國中理化教科書第三冊第72頁曾列有微型電解裝置,如相片二(右)所



相片二:國中理化課本中之何夫曼(Hofmann) 水電解裝置圖(左)·微型電解裝置(右)

盡理想。除此之外,使用多年的簡易電解裝置在操作時尚有如下之缺點:(1)2支試管中之電解液(如氫氧化鈉溶液或稀硫酸溶液)不易裝滿,而且在倒插入燒杯中,會有空氣充入其間,導致電解所產生之氫、氧之體積比無法得到正確的2:1。(2)2支電極導電能力未加以檢測是否相同?(3)2支電極不易放入試管中。(4)將試管放入燒杯及把注射針放入試管中時,手需帶手套否則手會接觸到氫氧化鈉溶液。(5)電解液用量較多,回收處理困難,廢液易造成環境污染。(6)電解後所產生之氫氣及氧氣之檢驗不易。

二、電解最佳條件

欲使水的電解實驗操作進行較為快速、容易又安全、實驗結果較為明顯又正確(氫氣和氧氣之體積比為 2:1)·同時又能兼顧到環保時·在其實驗裝置及實驗方法、實驗結果等,必須具備以下四大要求。

(一)實驗裝置部分

(1) 電解水的實驗裝置,必須容易組合, 操作簡單又安全。(2) 電解產生的氫氣和氧氣 之體積,以能直接在電解管上之刻度讀出較 (1) 電源必需使用能夠提供較大電流的電源供應器,如穩壓整流器、9 V 乾電池、陽能電池或手搖發電器等。(2) 電極材料必須容易取得,價格便宜,而且不會與電解產物發生作用。

(三)藥品部分

(1) 耗用藥品要儘量少·且使用後又可將 其可回收重複使用、以減少污染。(2) 幫助導 電之電解質·必須本身不會被電解。(3) 電解 液必須用蒸餾水(切勿用自來水替代)來配 置。

(四)電解時間

電解所需時間不宜太長·以 5-10 分鐘之間能完成為官。

三、電解產物與電解反應式

在酸性、鹼性與中性等三種不同性質的電解質進行電解水時,雖在正、負兩極所發生之半反應有所不同,但其全反應乃是一致的,為其所需供應的電能稍有不同,其反應分別如下:

A. 水在酸性溶液中電解

為 方 便・且 其體積

正極 (陽極): $2H_2O(l) \rightarrow 4H^+(aq) + O_2(g) + 4e^ E_o = +1.229 \text{ V}$

負極 (陰極): $4H^{+}(aq) + 4e^{-} \rightarrow 2H_{2}(g)$

 $E_{\rm o} = +0.000 \text{ V}$

全反應 (電解): $2H_2O(l) \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$

 $E = +1.229 \text{ V} (\Delta H = 571.6 \text{ kJ})$

2:1 °

比應為

(3) 電解實驗裝置必須容易拆卸、清洗及整理

B. 水在鹼性溶液中電解

保管。

正極 (陽極): $4OH(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g) + 4e^-$

 $E_{\rm o} = +0.401 \text{ V}$

(二)電源及電 <mark>負極(陰極):4H₂</mark>C

負極 (陰極): $4 \text{ H}_2\text{O}(l) + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2(g) + 4\text{OH}^-(ag)$

 $E_{\rm o} = +0.828 \text{ V}$

極部分

全反應 (電解): $2H_2O(l) \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$

E = +1.229 V

正極 (陽極): $2H_2O(l) \rightarrow 4H^+(aq) + O_{2(g)} + 4e^-$

 $E_0 = +0.810 \text{ V}$

負極 (陰極): $4 \text{ H}_2\text{O}(l) + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2(g) + 4\text{OH}^-(aq)$

 $E_0 = +0.420 \text{ V}$

全反應(電解): $2H_2O(l) \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$

E = +1.230 V

C. 水在中性溶液中電解

■ 傳統的電解裝置與微型電解裝置 之比較

傳統式之電解裝置中與微型電解裝置比 較·如表一所列。

■ 微型電解 装置之設計與 製作

本文為顧及 到整個實驗過程

需符合並兼顧到「低污染、可回收、省資源」 環保理念,茲將微型電解裝置之設計、製作 與操作過程及其應用做詳細說明如下。

一、材料

塑膠滴管(10 mL) 1 支、塑膠滴管(有 刻度 10 mL) 2 支、自製塑膠塞 2 粒、注射

表一:傳統式電解裝置與行環保電解裝置之優缺點比較

項目	傳統式電解裝置	微型環保電解裝置
添加電解液	添加不易、有空氣充不滿	添加容易、可完全充滿
電解時間	長(10分鐘以上)	短 (2~5 分鐘)
結果	氫氧體積比不正確	氫氧體積比正確 2:
用藥	多	少
氣體體積讀取	電解管上無刻度	電解管上有刻度可直接讀取
装置	玻璃材質易破	塑膠材質不易破
價格	稍貴	便宜
電解氣體檢驗	不易	簡易

在本文中將以更安全更經濟且有正確刻度的丟棄式塑膠滴管(每支價格約為10元左右)設計成「改良型塑膠電解管」·以代替傳統式的玻璃試管·並配合儲存或承接電解液的塑膠容器設計而成微型電解裝置·耗用藥品更少·手完全不會碰到任何一滴電解液(如氫氧化鈉溶液)·而在電解後氫氧化鈉溶液又可自動使其回收再多次重複使用。

針 2 支、塑膠盒 (50 mL) 1 個、底片空盒子(30 mL) 1 個、導線 2 條、乾電池(9 V) 1 粒、帽扣及鱷魚夾 1 組、塑膠滴管 1 支、氫氧化鈉溶液 (10% NaOH) 20 mL。

二、設計與製作





相片三:改良型有正確刻度之塑膠電解管

1. 將 2 支 10 mL 塑膠滴管之前後兩端鋸

掉,使滴管前端之口徑 比滴管之直徑略小約 為 0.5 cm 的小孔·滴管 末端用熱熔膠將其緊 密封閉之,作為電解管 之用,如相片三所示。

2. 取 2 支接有導線的注射 針頭 (尖端先磨平), 將注射針頭由塑膠盒

子插入相距 0.5 cm,當作電極之用,並接上扣冒、電源開關及 LED 燈等,如相片四所示。



3.



相片五:底片空盒子做為電解槽

4. 分別將 2 支由塑膠滴管改良而成之電解管,倒置於電解槽中並使電極插入電解

相片四:2支接有導線的注射針頭作為電極

用熱熔膠將底片空盒子(做為電解槽)

固定在塑膠盒子上,並使兩支注射針插

入底片空盒子中,如相片五所示。

管內。



Chemical Society Located in Taipei



相片六:微型電解裝置



5. 將乾電池(9V)接 上帽扣,再連接到露出 橡皮塞外之導線,即組 合成一套「微型電解裝 置」如相片六所示。

三、操作方法

(一)電解實驗

- 在電解槽(底片空盒子)中加入5 mL 1. 的 10% 氫氧化鈉溶液為電解液。
- 在 2 支塑膠電解管中分別裝入 10% 2. 的氫氧化鈉溶液至完全裝滿電解管 後做為電解液。
- 將加滿電解液之塑膠電解管倒置於 3. 電解槽中,並使電極插入電解管內。

4. 將乾電池(9V)接上帽扣後,再打

- 開電源開關,此 刻 LED 燈亮起 後,隨即開始電 解,如相片十所
- 5. 電解約 5 分鐘 後關閉電源,以 終止電解。

汞。









相片七:微型電解裝置進行電解







(二)電解產物之檢

相片八:電解不同時間產生氫氣與氧氣之體積比皆為2:1之示意圖

驗

- 1. 由電解管上已有的刻度,可直接讀出在 兩支電解管內的氫氣與氧氣之體積比為 2:1,如相片八所示。
- 2. 分別將 2 支電解管由電解槽 (底片空盒 子)中取出,並分別用一粒自製的塑膠



相片九:自製之塑膠塞

塞(相片 九)塞住 電解管之 小孔,並 將電解管 置於一個 塑膠罐中 以供氣體 性質檢驗 之用,如相片十所示。

- 取下氣體較多的電解管上塑膠塞之同 3. 時,以點燃的火柴靠近管口試之,若有 小小爆鳴聲,則可證明產生較多的氣體 為氫氣。
- 打開氣體較少的電解管上塑膠塞之同 時,以點燃的線香之餘燼插入電解管中





相片十:塑膠塞塞住電解管後 放置於一個塑膠罐中

試之,若會使線香之餘燼更為明亮或能 使其復燃起來,則可證明產生較少的氣 體為氧氣。

(三)電解後電解液之處理

當電解實驗結束後,可將留在2支電解管中之電解液倒入電解槽內,然後再用底片空盒子之蓋子將電解槽蓋緊,供作下次實驗之用,如相片十一所示。



相片十一:實驗結束後將電解液 儲存於電解槽中

■ 微型電解裝置之特點

微型電解裝置之設計,具有「小、省、快、好、易、安、多、高、少、低」,亦即小而省(體積小,時間省)、快而好(反應快,效果好)、易而安(操作易,很安全)、多而高(動手多,趣味高)、少而低(用藥少,污染低)等共同特點外,並分別具有以下之優點:(1)電解管是由 10 mL 的塑膠滴管改裝而成的,滴管體積約為 6 mL,電解管上之最小刻度為 0.1 mL。(2) 器材簡單,製作容易,操作方便又安全,手不會碰到任何一滴電解液。(3) 電解產生之氫氣與氧氣之體積比較正確,很接近 2:1,並可直接由塑膠滴管上之

自畫之刻度大略讀出。(4)產生之氫氣與氧氣之性質檢驗,可直接在量筒底部塞住倒置後進行,方便且效果明確。(5)耗用之電解液少,約只需要20mL便可,電解後電解液可回收儲存起來,並供下次實驗使用。

■ 結語

微型環保電解裝置除了可方便進行水的電解·利用9 V 乾電池作為直流電源·在短短幾分鐘之內即可成功地將水分解產生氫氣與氧氣。電解結果可隨時由電解管上的刻度在電解過程中直接讀出電解產物中氫氣與氧氣之體積比為2:1。

微型電解裝置經實驗設計及實際教學和多次研習推廣後,由參與研習包括高中、高職及國中的教師——自己動手製作—套實驗裝置,並經實做後依據教師及國中生個人的感受與反應,不論在教師或學生的回饋上,微型化學實驗在中學化學實驗教學中之重要性是受到肯定的,應值得加以開發與推廣。