

教師創意微型實驗之設計研究

- 微型氫氯氣光化反應裝置

沈信良

摘要

本研究的研究目的主要在於配合我國中等教育課程中有關氫氣、氯氣性質教學的部分，自行設計出一套「微型氫氯氣光化反應裝置」，並評估此自行設計的微型實驗器材，它本身的實驗效能以及是否能引起學生在教師講述氫氯氣性質的學習興趣及增加學習的效果。

本研究所獲得的結果如下：

- 一、「微型氫氯氣光化反應裝置」整體組合裝置小，成本低廉，整體的設計材質為塑膠，提升其安全性，而且實驗效果明顯，污染性低具環保概念。
- 二、本微型實驗較佳的反應條件如下：
 - (一) 填充氫氯氣至容器時不混入空氣。
 - (二) 氫氣和氯氣比例 1：1 或 1：1.5 均可。
 - (三) 在 3 分鐘之內燃燒鎂帶均可。
 - (四) 在距離容器約 1.5cm 的位置燃燒鎂帶較佳。
 - (五) 鎂帶大小為 1.5cm × 0.2cm 以上，但不宜過長。
 - (六) 容器內保持乾燥。
- 三、實施完本微型實驗後，大部分的學生都產生濃厚的學習興趣和深刻的印象，並覺得對其學習氫氯氣性質有所幫助，故教師可利用此微型實驗提升其教學效果。此外學生在操作完本微型實驗後，對設計微型實驗產生興趣，可見得本微型實驗能引起學生對微型實驗裝置的設計動力。

目次

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">一、研究動機與目的二、實驗教學與微型化學實驗之理論探討三、氫氯混合氣體光化反應的原理四、微型實驗裝置設計與操作五、研究成果六、結論與建議七、參考文獻 |
|--|

關鍵詞：氫氣、氯氣、微型化學實驗、微型氫氯混合氣光化反應裝置

一、研究動機與目的

在日常生活中，化學一直扮演著相當重要的腳色，而學生要學習好化學學科，只透過一般課堂上的講解是不夠的，這樣只會壓抑學生的思維，使學生成為知識的容器(雋桂才，2001)。而利用化學實驗的進行，則可開拓學生的思維，來培養學生的學習興趣、增進實驗技能、熟悉實驗方法、養成良好的科學態度及習慣、進而開拓學生的創造能力(張簡琦麗，2002；譚增森，2002)。

因此有相當多的學者大力倡導學生動手作實驗(郭重吉，1997；Berk，1999；Barry，1999)，希望學生經由實驗的操作來進行學習，然而目前的實驗教學成效卻不彰顯，有偏低甚至漠視的情形，主要的原因是教師視實驗教學為畏途，並常以聯考、安全問題、設備問題、準備器材不易獲得等理由來減少實驗教學(江新合，1994)。造成學生無法親自動手作實驗，長久下來學生對化學的學習便顯得不夠周全，也無法維持學習化學興趣。

再者，目前我們的環境遭到人為破壞及污染愈來愈嚴重，以致於每個人對環保的意識越來越清晰，減少污染已經成為社會中每一份子所應盡的責任，而各級學校對環境教育與廢棄物處理也更顯重視，使得部份化學實驗因不符合環保需求或廢棄物難處理而減少操作甚至刪除(方金祥，2003c；方金祥，2003d)。

微型實驗(Microscale laboratory)便是一種解決上述多項實行困難問題的不二法門，因為微型實驗具有多項優點，節省藥品與時間，成本低廉，污染少，操作簡易且安全性高，實驗結果明顯而正確，而且每個人都能擁有自己一套實驗器材，增加自己動手操作的機會，進一步提升學生學習科學的興趣，培養學生細心操作的態度與技能，讓教學者能在有限的教學時間及經費下，順利達成實驗教學的要求，是有利普及化學實驗，使學生受惠的好方法(方金祥，1998)。

因此本研究的研究目的主要在於配合我國中等教育課程中有關氫氣、氯氣性質教學的部分，自行設計出一套「微型氫氯混合氣體光化反應裝置」，並評估此自行設計的微型實驗器材，它本身的實驗效能以及是否能引起學生在教師講述氫氯氣性質的學習興趣及增加學習的效果。其要點條列如下：

- (一)研究設計出一個「微型氫氯氣光化反應裝置」，以進一步補充描述我國中等教育課程中氫氣和氯氣性質的教學。
- (二)探討此「微型氫氯混合氣體光化反應裝置」的設計組合及實驗效能。
- (三)探討此微型實驗裝置是否能有效地引起學生的學習興趣，增進學生學習的效果。
- (四)探討透過此微型實驗的操作，是否能激發老師及學生自行設計微型實驗的意願和動力。

二、實驗教學與微型化學實驗之理論探討

(一)實驗教學的目標和功能

透過實驗活動能讓學生真正體驗科學建構與驗證過程，而能培養科學興趣、態度及學習科學方法(金佳龍，1997)。因此科學教育學者(許富榮、趙金祁，1988)曾與趙金祁、Sistry 以問卷調查歸納出科學實驗教學的目標，共可分為五大目標：

- 1、培養科學態度：如好奇心、興趣、客觀性、精確性等。
- 2、理解科學本質：了解科學知識建立方式。
- 3、發展認知能力：發展批判性的思考、解決問題、應用、分析及評鑑等高層次的思考能力。
- 4、建立科學概念：建立科學假說、理論或科學分類等概念，即經由實際體會，產生概念改變。
- 5、發展科學實驗技能：包括操作性的技能、探究技能、組織及溝通等技能。

此外，若在科學教學上使用實驗教學法，它有部分功能是別的教學法所無法達成的，如抽象概念的表達、展現良好的科學活動、使學生有機會嘗試問題解決的方法、避免學生形成知識的偏失等(林陳涌，1995)，Simpson 和 Anderson(引自洪姮娥，1984)曾總合歸納出實驗教學的主要功能，有下面五點：

- 1、教導認識科學和技術的本質：幫助學生了解科學與技術之不同及其唇齒相依之特性，以及科學內涵與本質。
- 2、學習解決問題技巧：藉由學生對物質的處理，培養其解決問題及思考技巧等能力。
- 3、學習操作技巧：藉由實驗活動接觸處理真實材料的機會，正可訓練操作技巧。
- 4、學習主要的觀念和原理：幫助學生組織事實及現象，且經過實驗室踏實的訓練和經驗，使學生較能掌握觀念原理及原則之關係。
- 5、發展興趣態度和價值觀：在實驗是充滿刺激與挑戰的環境中，可使學生發展科學興趣，以及處理科學及人生的科學態度和人生觀。

(二)實驗教學的困難與實行

雖然說實驗教學具備相當多其他教學法所沒有優點，可是許多的教師視實驗教學和實驗室管理為畏途(蘇懿生，1994)，而不肯進實驗室進行實驗教學，經調查結果發現，化學教師普遍認為有以下五個實行實驗教學的困難(江武雄，1984、1986)：

- 1、實驗教學太浪費時間影響教學進度
- 2、實驗的器材和設備不足造成教學困難
- 3、實驗教學無法實施實做評量造成教學困難
- 4、學生無良好參與度，分組人數過多
- 5、教師準備器材時間不夠

這些困難點，大大降低教學者進行實驗教學的意願，但是實驗教學依然相當重要，實驗次數對科學態度的培養、實驗室的氣氛、學生學習成就等等都有顯著相關(蘇懿生，1994)。

(三)微型化學實驗

微型化學實驗(M.L)有將原傳統實驗裝置如玻璃材質之容器、試管、燒杯、冷凝管、滴定管.....等加以微小化而成，亦有將原傳統實驗裝置加以改良成不易破損的塑膠材質、體積小、輕便易攜帶的微型改良實驗裝置(方金祥 1999a；方金祥，2002a)。

在化學實驗中參與反應的試劑用量，係隨著科學儀器與科學技術的進步與發展，而有逐漸減少的趨勢。早在一九四五年 N.D.Cheronis 等便已開始提倡將實驗小型化(small-scale)，四〇年代半微量有機合成、半微量定性分析等在教學的應用也逐漸被重視。美國化學家 N.D.Cheronis 在一九一四年舉行的美國化學會年會上，對半微量實驗的儀器與分析技術在普通化學及有機化學中的應用做了有系統的介紹，也受到與會學者專家的重視。一九七五年美籍華裔馬祖聖(T.S.Ma)教授曾編著「化學中的微型操作」一書來推展微型化學實驗，此後有不少中學化學教師也受到影響而開始研究一些小型化的實驗，微型有機化學實驗在八〇年代脫穎而出，奠定了微型化學實驗的基礎，由此可見化學實驗小型化、微型化是化學科學發展的重要課題與必然的趨勢(方金祥 2001a；方金祥，2002a；方金祥，2002b；方金祥，2003a)。

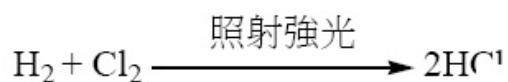
目前微型化學實驗在大學和中學化學中的應用已受到國際化學教育界的重視，美國化學教育雜誌自一九八九年十一月起開闢了「微型實驗(microscale laboratory)」的專欄，以加強對微型化學實驗的報導，至今微型化學在世界上已有很好的發展(方金祥，1999b；方金祥，2004)。

微型化學實驗的共同優點為：小、省、快、好、易、安、多、高、少、低(小而省、快而好、易而安、多而高、少而低)，也就是體積小、時間省、反應快、效果好、操作易、很安全、動手多、趣味高、用藥少、污染低。(方金祥、張簡琦麗、林佩蓼，2001)並具有以下特點：

- 1、器材簡單，組合拆離容易，操作方便又安全。
- 2、可分段供給不同反應物使其反應發生。
- 3、體積小、裝置輕便、可隨身攜帶。
- 4、節省時間，結果正確，耗用藥少節省經費開支，降低污染。
- 5、大幅度節省耗用藥品。
- 6、污染低、實驗室安全、衛生與環境明顯改善。
- 7、實驗操作容易、安全性高。
- 8、用藥少、縮短實驗時間。
- 9、可在實驗室、教室、家裏或戶外等任何場所進行實驗。

三、氫氯混合氣體光化反應的原理

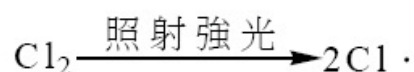
氫氯混合氣體光化反應的反應方程式如下：



推斷反應機制，氫氣和氯氣混合氣體照光後所形成的反應(Ralph J. Fessenden, 1979)，有些類似甲烷和氯氣照光後所形成的鏈鎖反應，因為氫氫之間的鍵能為 435 kJ/mol，而碳氫之間的鍵能為 414 kJ/mol，而且兩者皆必須讓氯氣照射強光，讓氯氣之間的單鍵被打斷成為氯的自由基(氯的鍵能為 243 kJ/mol)，反應才能進行，值得注意的是，若打斷氯單鍵的光是具備高光子密度的強光，而且其光的頻率不過低的情況下，整個微型實驗的效果會變的很明顯，甚至產生爆炸現象。其反應機制詳列如下：

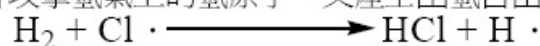
(一)Step 1 (起始反應)

當氯氣接受到強光照射時，會產生氯自由基

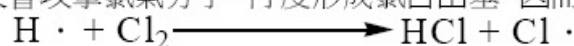


(二)Step 2 (鏈鎖反應)

氯自由基會攻擊氫氣上的氫原子，又產生出氫自由基

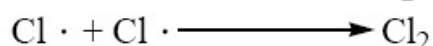
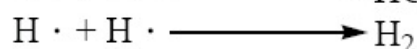
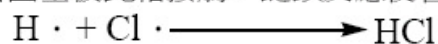


氫自由基又會攻擊氯氣分子，再度形成氯自由基，因而形成一個鏈鎖反應(chain reaction)。



(三)Step 3 (終結反應)

當氫或氯自由基彼此相接觸，鏈鎖反應便會被終結，稱之為終結反應。



四、微型實驗裝置設計與操作

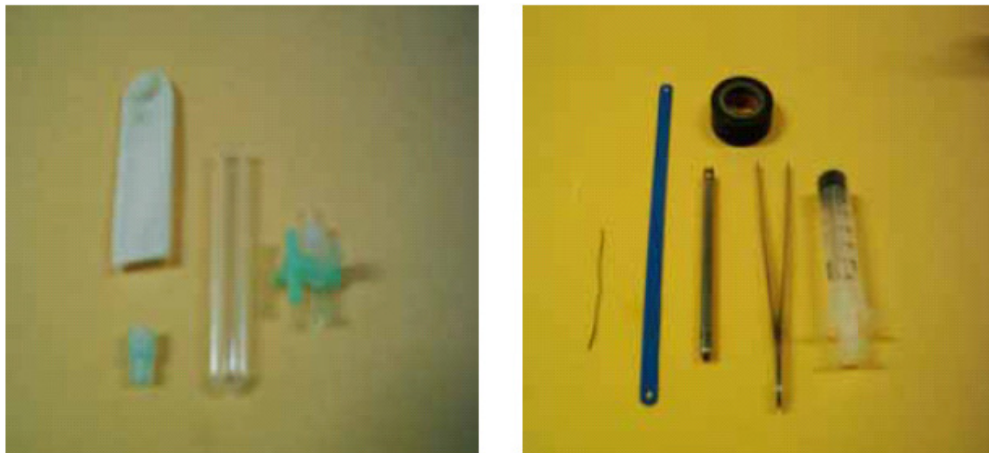
(一)微型實驗裝置設計：

利用氯氣混合氫氣後，照射強光會引起劇烈光化學反應的性質，設計一套「微型氫氯混合氣體光化反應裝置」，此實驗裝置，結合了方金祥教授所設計的「微型氯氣製備裝置」和「零污染微型安全氯氣製備裝置」，利用安全且無污染的方法，製造出氫氣及氯氣，並將兩者氣體混合後照射強光產生劇烈化學反應，讓學生對氯氣的性質有更深一層的印象，同時也可具體呈現出光化學反應變化的情形。雖然氯氣混合氫氣的光化性質及實驗裝置在目前國內國、高中的教科書和實驗書籍並未提及，可是在彼岸的大陸卻將其列為研究氯氣性質的重點之一，並安排在中學化學實驗中進行操作。

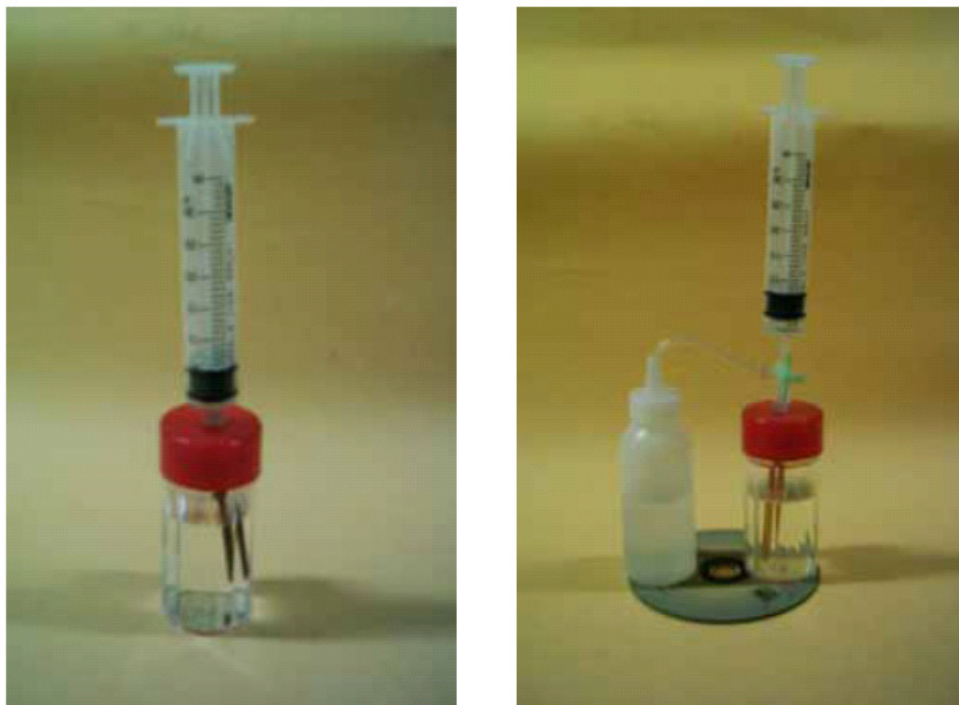
藥品與器材準備如下：

透明塑膠試管(約 10mL)	1 支
塑膠注射針筒(35mL)	1 支
三通塑膠活栓(TOP 3-way stopcock)	1 個
鎂帶(0.2cm × 1.5cm)	1 條

迴紋針	1 支
鑷子	1 支
小氣球	1 個
鋸子	1 把
膠帶	1 捲
熱熔膠(槍)	1 組
微型氫氣製備裝置	1 組
零污染微型安全氫氣製備裝置	1 組



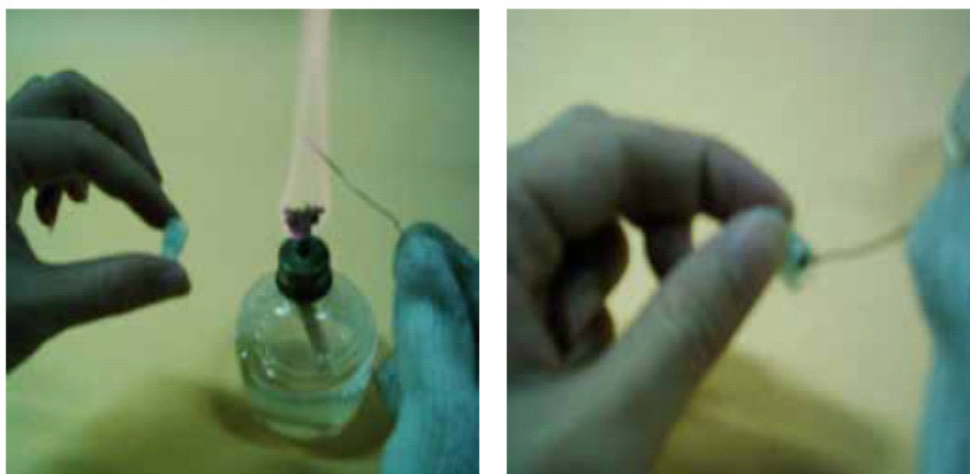
照片 1 實驗所使用的器材



照片 2 微型氫氣製備裝置與零污染微型安全氫氣製備裝置

製作方法如下：

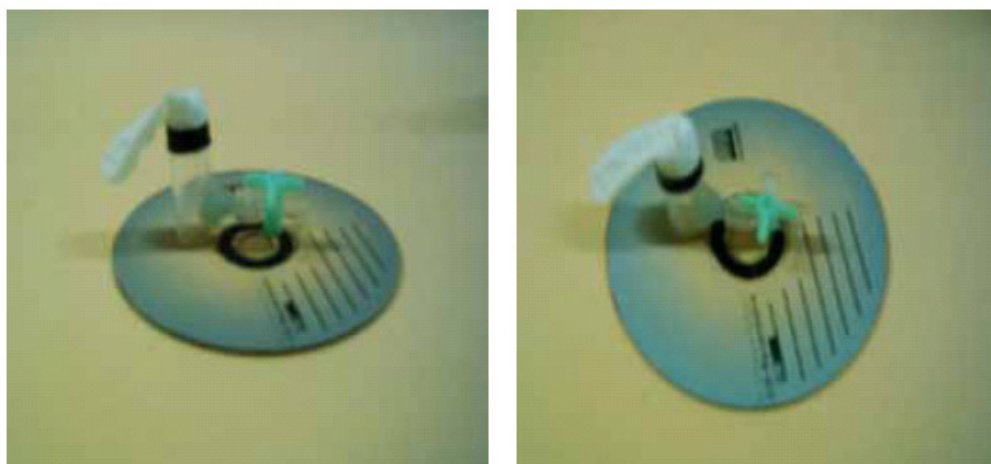
- 1、先把迴紋針在火焰上加熱，在三通塑膠活栓上的藍色塑膠塞中間穿一個洞，並在塞子較粗的那端四周各穿四個洞，每個洞皆必須穿透塑膠塞，如照片 3 所示。
- 2、將約 10mL 的透明塑膠試管用鋸子截一半，取試管下半段部分，然後在試管下半段靠近中央的位置上用穿孔器穿一個直徑約 0.5cm 的孔洞，穿好後將步驟一的藍色塑膠塞塗上熱熔膠，將較粗的那端黏入孔洞內，並用熱熔膠在周圍補強避免漏氣，如照片 4 所示。
- 3、在藍色塑膠塞上連上三通塑膠活栓，並用熱熔膠將整個裝置固定在廢棄的光碟片上。
- 4、將小氣球套在透明塑膠試管的罐口上，並用膠帶網緊避免漏，便可完成裝填氫氣的透明容器，如照片 5 所示。
- 5、再按照國立編譯館出版方金祥教授編寫的《微型化學實驗教學之理論與實務》，以及中國化學會化學期刊九十二年第六十一卷第一期方金祥教授所刊登的文章，做出「微型氫氣製備裝置」和「零污染微型安全氫氣製備裝置」。
- 6、依上述的組合便可完成一套「微型氫氣光化反應裝置」，如照片 6 所示。



照片 3 塑膠塞的穿孔情形



照片 4 半截塑膠試管穿孔情形



照片 5 裝填氮氣的透明容器



照片 6 「微型氮氣光化反應裝置」

(二) 微型實驗裝置操作過程

- 1、先將透明容器上的三通活栓轉成兩端水平互通的狀態，並連結上一根 35mL 的塑膠注射針筒。
- 2、利用 35mL 的塑膠注射針筒將容器中的空氣抽空，關閉三通活栓，可由容器上方的氣球在空氣抽空時，是否能緊貼容器來判斷整個裝置 氣現象，如照片 7 和 8 所示。

- 3、利用「微型氫氣製備裝置」製備約 4mL 的氫氣，如照片 9 所示。
- 4、利用「零污染微型安全氫氣製備裝置」製備約 6mL 的氫氣，如照片 10 所示。
- 5、打開三通活栓，將製備好的 4mL 氫氣和 6mL 氫氣分別注入塑膠試管中，並關閉三通活栓，此時若注入的注射筒中有些許水，請避免將水分注入塑膠罐中，如照片 11 及 12 所示。
- 6、當兩種氣體在塑膠罐中混合約 45 秒左右，用鑷子夾一片鎂帶(1.5cm × 0.2cm)，用酒精燈點燃鎂帶，將點燃的鎂帶靠近塑膠罐約 1.5cm 的距離。
- 7、此時透明容器中的氫氣混合氣體，因為鎂帶強光的照射，劇烈化合成氯化氫氣體，並發出一爆鳴聲響，如此便完成整個氫氣混合氣體光化反應的實驗，如照片 13 所示。
- 8、反應完畢後，塑膠試管內所殘存的 HCl 氣體，可用針筒予以抽離，並將 HCl 氣注入水裏，以避免排放至空氣中造成污染。



照片 7 用注射針筒將
容器內空氣抽走



照片 8 容器內無空氣狀態



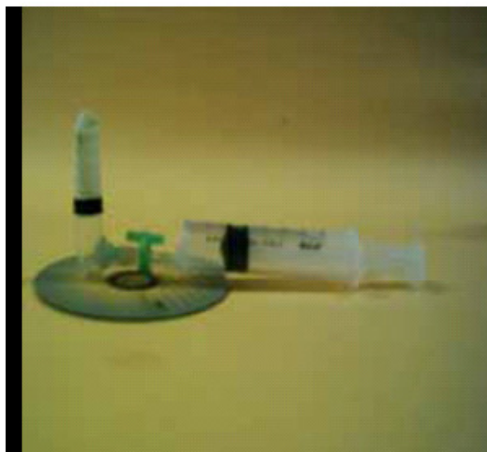
照片 9 利用「微型氫氣
製備裝置」製備氫氣



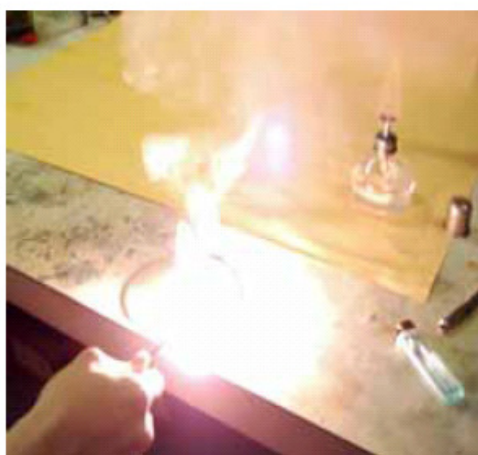
照片 10 利用「零污染微型
安全氫氣製備裝置」製備氫氣



照片 11 將氫氣灌入容器內



照片 12 將氯氣灌入容器內



照片 13 容器受鎂帶強光的照射並發出爆鳴聲



五、研究成果

(一)本實驗裝置依下列的操作條件進行問卷調查：

- 1、填充氫氯氣至容器時不混入空氣。
- 2、氫氣和氯氣比例 1：1 或 1：1.5 均可。
- 3、在 3 分鐘之內燃燒鎂帶均可。
- 4、在距離容器約 1.5cm 的位置燃燒鎂帶較佳。
- 5、鎂帶大小為 1.5cm × 0.2cm 以上，但不宜過長。
- 6、容器內保持乾燥。就氣體純度而言，最好不要混入空氣，

(二)學生問卷分析結果與討論

本研究使用研究者依研究目的自編的問卷—「學生對微型光化反應裝置—氫氯氣混合爆鳴」意見調查問卷，在實驗完成後給予學生做問卷調查，並將問卷的結果做成統計分析資料，在本節中對以下各個要討論的問題做分類及分析：

1、學生透過此實驗的學習成果部分

問卷第 1 題：在操作此實驗之前，請問你是否知道氫氣和氯氣混合後照光會有劇烈反應的現象

(1)不知道 (2)知道，從何得知

表 1 問卷第 1 題的統計分析

班級 選項	A 班 (共 32 人)	B 班 (共 26 人)	C 班 (共 31 人)	全部 (共 89 人)
不知道	75.00 % (24 人)	76.92 % (20 人)	64.51 % (20 人)	60.67 % (54 人)
知道	25.00 % (8 人)	23.08 % (16 人)	35.49 % (11 人)	39.33 % (35 人)

<問卷第 1 題的結果分析>

從表 1 我們可以知道，在進行此微型實驗之前，有部分的同學(39.33 %)已經知道氫氣和氯氣混合照光反應的現象，從問卷中的資料顯示，他們獲得此知識的來源均是從老師課堂上的講解或教科書上的資料得知，沒有一個學生是由實驗操作的過程中了解此現象，由此可知氫氣和氯氣混合照光的實驗在目前我們國家的中學教育中，實施情形並不普遍。

問卷第 2 題：在操作此實驗之後，請問你對於氫氣和氯氣混合後的光化學反應是否有更具體的了解

(1)非常了解 (2)還算了解 (3)不太了解 (4)完全不懂

表 2 問卷第 2 題的統計分析

班級 選項	A 班 (共 32 人)	B 班 (共 26 人)	C 班 (共 31 人)	全部 (共 89 人)
非常了解	28.12 % (9 人)	15.38 % (4 人)	12.90 % (4 人)	19.10 % (17 人)
還算了解	59.37 % (19 人)	69.23 % (18 人)	77.41 % (24 人)	68.54 % (61 人)
不太了解	12.50 % (4 人)	11.53 % (3 人)	0.10 % (3 人)	11.23 % (10 人)
完全不懂	0.00 % (0 人)	0.038 % (1 人)	0.00 % (0 人)	1.12 % (1 人)

<問卷第 2 題的結果分析>

從表 2 我們可以看到，在實際操作氫氣和氯氣混合後的光化學反應後，有 87.64% 的學生對此

現象有更進一步的了解，而且從操作後的訪談中，絕大部分學生都能清楚的描述氫氯氣混合光照後的爆炸情形為何，這說明了進行此微型實驗可使學生對氫氯氣混合光照後的化學變化有更具體的認知。

問卷第 3 題：在操作此實驗之後，請問你是否更加了解氫氣和氯氣的氣體性質

(1)非常了解 (2)還算了解 (3)不太了解 (4)完全不懂

表 3 問卷第 3 題的統計分析

班級 選項	A 班 (共 32 人)	B 班 (共 26 人)	C 班 (共 31 人)	全部 (共 89 人)
非常了解	0.09 % (3 人)	23.07 % (6 人)	16.12 % (5 人)	15.73 % (14 人)
還算了解	81.25 % (26 人)	65.38 % (17 人)	74.19 % (23 人)	74.15 % (66 人)
不太了解	0.09 % (3 人)	11.54 % (3 人)	0.10 % (3 人)	10.11 % (9 人)
完全不懂	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)

<問卷第 3 題的結果分析>

由於本微型實驗主要是配合化學課程中，有關氫氣和氯氣性質介紹中所實施的，因此在進行實驗後，利用問卷調查學生對氫氣和氯氣是否更加了解，從問卷資料上的顯示，可以發現在經過此微型實驗教學後，大部分的學生(89.88 %)對氫氣以及氯氣的性質有更進一步的了解，這顯示出利用此微型實驗進行教學，對學生學習氫氣和氯氣性質，是有所幫助的。

※小結※

綜合以上的資料可以得知，利用此微型實驗進行教學活動，對於幫助學生了解氫氯氣混合光照的反應及氫氯氣的性質，具有一定的成效，因此教學者在教學課程中進行氫氯氣性質教學時，可採取此微型實驗來提升學生的學習效果。

2、本實驗裝置的創新性部分

問卷第 4 題：請問你是否曾看過「微型氫氯混合氣體光化反應裝置」相似的實驗裝置

(1) 沒有看過，請回答問題 6 (2)曾經看過，請回答問題 5

表 4 問卷第 4 題的統計分析

班級 選項	A 班 (共 32 人)	B 班 (共 26 人)	C 班 (共 31 人)	全部 (共 89 人)
沒有看過	100.00 % (32 人)	100.00 % (26 人)	96.77 % (30 人)	98.87 % (88 人)
曾經看過	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)	0.03 % (1 人)	1.12 % (1 人)

<問卷第 4 題的結果分析>

從表 4 可以得知，89 位學生中只有一位學生回答見過類似的實驗裝置，其餘的學生均未曾見過相類似的實驗裝置，可顯示出此實驗裝置具有創新性。

問卷第 5 題：請你稍微簡述一下此裝置跟你曾見過的裝置有什麼不同地方

由於 89 位學生的問卷調查中，只有一位曾見過和本微型實驗相類似的實驗裝置，因此在問卷調查後找該生訪談，得知該生曾於科學研習營中見過用玻璃製作的相似實驗裝置，但並不確定是否用作氫氣混合照光的實驗。

※小結※

綜合以上的結果，我們可以發現本實驗裝置是具有創新性的，雖然也有相似的實驗裝置，但卻是由玻璃製成，本實驗裝置利用塑膠製品加以改良，對於其安全性有更好的提升。

3、引發學生學習興趣及加深印象的部分

問卷第 6 題：「微型氫氣混合氣體光化反應裝置」是否讓你覺得化學實驗變有趣

(1)非常有趣 (2)還算有趣 (3)有點無聊 (4)浪費時間

表 6 問卷第 6 題的統計分析

班級 選項	A 班 (共 32 人)	B 班 (共 26 人)	C 班 (共 31 人)	全部 (共 89 人)
非常有趣	46.87 % (15 人)	38.46 % (10 人)	58.06 % (18 人)	48.31 % (43 人)
還算有趣	53.12 % (17 人)	61.54 % (16 人)	38.71 % (12 人)	50.56 % (45 人)
有點無聊	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)	3.23 % (1 人)	1.12 % (1 人)
浪費時間	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)

<問卷第 6 題的結果分析>

從表 6 中可以顯現出，在 89 位的學生當中，有 48.31 % 的學生和 50.56 % 的學生，覺得微型氫氣混合照光實驗非常有趣及還算有趣，因此由數據可以推知，有 98.87% 的學生覺得進行這個微型實驗能夠引起對化學實驗的興趣。

問卷第 7 題：你覺得操作完「微型氫氣混合氣體光化反應裝置」後的實驗結果，是否讓你印象深刻

(1)非常深刻 (2)還算深刻 (3)有點模糊 完全沒印象

表 7 問卷第 7 題的統計分析

班級 選項	A 班 (共 32 人)	B 班 (共 26 人)	C 班 (共 31 人)	全部 (共 89 人)
非常深刻	53.13 % (17 人)	50.00 % (13 人)	51.61 % (16 人)	51.68 % (46 人)
還算深刻	46.88 % (15 人)	42.30 % (11 人)	48.38 % (15 人)	46.07 % (41 人)
有點模糊	0.00 % (0 人)	7.69 % (2 人)	0.00 % (0 人)	2.25 % (2 人)
完全沒 印象	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)

<問卷第 7 題的結果分析>

在操作完此微型實驗後，89 位學生當中，有 51.68 % 的學生和 46.07 % 的學生覺得這個實驗帶給他們的印象是非常深刻及還算深刻，藉由非正式的訪談得知，除了實驗過程有趣生動外，學生因為教師採用不同以往的教學方法及實驗課程，所以感受也比較不同，對實驗的結果也比較不容易忘記。

※小結※

綜合以上所論，在講述氫氣性質的課程中引入這個實驗，可以有效的提升學生的學習興趣，而且在操作完這個實驗之後，學生對整個學習的情形和實驗後的結果，也能保持較鮮明的印象，因此，若教學者在平日教學的課程中，能對教材多加以設計或多求一些變化的話，對引發學生學習興趣及加深學習印象方面，會有相當大的幫助。

4、實驗裝置操作及製造過程難易度部份

問卷第 8 題：你覺得「微型氫氣混合氣體光化反應裝置」的操作方式是否容易

(1)非常容易 (2)還算容易 (3)不太容易 (4)非常困難

表 8 問卷第 8 題的統計分析

班級 選項	A 班 (共 32 人)	B 班 (共 26 人)	C 班 (共 31 人)	全部 (共 89 人)
非常容易	37.50 % (12 人)	42.31 % (11 人)	22.58 % (7 人)	33.71 % (30 人)
還算容易	62.50 % (20 人)	57.69 % (15 人)	64.52 % (20 人)	61.80 % (55 人)
不太容易	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)	12.90 % (4 人)	4.49 % (4 人)
非常困難	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)

<問卷第 8 題的結果分析>

從表 8 中，顯示出有 33.71 % 的學生和 61.80 % 的學生在操作完這個實驗後，覺得非常容易及還算容易，只有 4.49 % 的學生覺得不太容易，對大部分的學生而言，這個實驗是易於操作的，並不會有太大的困難。

問卷第 9 題：你覺得「微型氫氣混合氣體光化反應裝置」是否容易製作

(1)非常容易 (2)還算容易 (3)不太容易 (4)非常困難

表 9 問卷第 9 題的統計分析

班級 選項	A 班 (共 32 人)	B 班 (共 26 人)	C 班 (共 31 人)	全部 (共 89 人)
非常容易	15.63 % (5 人)	30.77 % (8 人)	9.67 % (3 人)	17.98 % (16 人)
還算容易	81.25 % (26 人)	69.23 % (18 人)	80.65 % (25 人)	77.53 % (69 人)
不太容易	3.12 % (1 人)	0.00 % (0 人)	9.68 % (3 人)	4.49 % (4 人)
非常困難	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)

<問卷第 9 題的結果分析>

在整個實驗裝置的製作部份，有 17.98 % 的學生和 77.53 % 的學生覺得是很容易及還算容易，只有 4.49 % 的學生覺得不太容易製作，因為在製作整個實驗器材時，必須用到鋸子切割試管以及用灼熱鐵棒鑽洞的動作，對部分不熟悉工具使用的學生而言可能會有所困難，然而資料上顯示大部分的學生都覺得此實驗裝置是較易製作的。

※小結※

綜合以上所論，本實驗裝置不論是操作方式或是製作的過程，對大部分的學生而言是屬於容易操作或容易製作的，因此教學者在教學的過程中引入這個實驗時，並不須擔心實驗太難導至學生參與度或學習意願降低，由資料上顯示本實驗裝置的操作和製作對一般的高中職學生並無太大的困難。

5、學生分享學習經驗，激發創造興趣的部分

問卷第 10 題：若有機會，你是否願意在學校的科學活動示範給同學分享學習

(1)非常願意 (2)願意 (3)不願意 (4)非常不願意

表 10 問卷第 10 題的統計分析

班級 選項	A 班 (共 32 人)	B 班 (共 26 人)	C 班 (共 31 人)	全部 (共 89 人)
非常願意	9.38 % (3 人)	26.92 % (7 人)	9.68 % (3 人)	14.61 % (13 人)
願意	53.13 % (17 人)	50.00 % (13 人)	61.29 % (19 人)	55.06 % (49 人)
不願意	34.38 % (11 人)	15.38 % (4 人)	16.13 % (5 人)	33.71 % (30 人)
非常 不願意	3.12 % (1 人)	7.69 % (2 人)	3.23 % (1 人)	4.49 % (4 人)

<問卷第 10 題的結果分析>

有關學生是否願意分享學習經驗部份，有 14.61 % 和 55.06 % 的學生非常願意及願意在學校的科學展覽中分享這個學習經驗，然而卻有 33.71 % 和 4.49 % 的學生不願意及非常不願意做這樣的舉動，經由非正式的訪談得知，不願意和同學分經驗的原因，大部份是因為害羞及不好意思，麻煩怕事，怕出洋相等，少數覺得浪費時間，在學校要做別的事情，由此可知，還是有將近 7 成的學生願意與其他同學分享這個學習經驗。

問卷第 11 題：在親身操作「微型氫氧混合氣體光化反應裝置」後，你是否也有興趣自己設計製作一些微型實驗裝置

(1)非常有興趣 (2)有一點興趣 (3)沒有興趣 (4)完全沒興趣

表 11 問卷第 11 題的統計分析

班級 選項	A 班 (共 32 人)	B 班 (共 26 人)	C 班 (共 31 人)	全部 (共 89 人)
非常有興趣	15.62 % (5 人)	11.54 % (3 人)	9.68 % (3 人)	12.35 % (11 人)
有一點興趣	81.25 % (26 人)	69.23 % (18 人)	83.87 % (26 人)	78.65 % (70 人)
沒有興趣	3.13 % (1 人)	19.23 % (5 人)	6.45 % (2 人)	8.99 % (8 人)
完全沒興趣	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)	0.00 % (0 人)

<問卷第 11 題的結果分析>

透過問卷第 11 題，可以了解學生是否在這個微型實驗的操作後，引發他們想進一步設計創作微型實驗的動力，經由資料上的顯示，有 12.35 % 和 78.65 % 的學生有意願設計創作微

型實驗，只有 8.99 % 的學生沒有興趣，可見得大部份的學生都有興趣嘗試微型實驗的設計及創作。

※小結※

綜合以上所論，在學習經驗分享和動手設計實驗方面，大部份的學生都是充滿意願及興趣的，可見得利用本微型實驗作教學，除了可以在學習成果上有所提升外，也能帶動學生分享學習及激發創造的動力，如果教學者若能對學生適當加以引導，定可讓學生在學習的方式上更加全面且完整。

問卷第 12 題：你覺得「微型氫氣混合氣體光化反應裝置」這套實驗裝置有什麼優缺點，請簡單說明

表 12 問卷第 12 題的歸納分析

優 點	缺 點
1. 整個實驗很有趣，令人印象深刻 2. 有爆炸聲，很好玩 3. 可以將課本上所教的知識用簡單的實驗器材呈現出來 4. 讓單調乏味的課程產生興趣 5. 操作簡單，易懂，易製作 6. 用平時常見的器具便可進行實驗，而且易於攜帶 7. 成本低廉，耗材少 8. 氫氣氯氣不易逸出，污染低，具環保概念	1. 爆炸聲有時太響，被嚇到 2. 裝置容易被燃燒的鎂帶燒壞 3. 實驗沒操作好時容易導致失敗 4. 鎂帶的白光太亮太刺眼

<問卷第 12 題的結果分析>

對於學生所填的結果，可以歸納出下列優點

- 1、整個實驗的過程相當好玩，有趣，且令人印象深刻
- 2、實驗裝置製作的過程簡單，操作方式很容易上手
- 3、實驗裝置所花的成本少，不浪費金錢，且容易攜帶，隨時隨地可進行實驗
- 4、將上課的內容與實驗作一結合，讓學習過程變得活潑生動
- 5、具環保概念，減少污染物的產生

六、結論與建議

(一)「微型氫氣光化反應裝置」的特色，有底下幾點：

- 1、整體組合裝置小，在一般教室或實驗室、家裏 場所均可操作實驗。

- 2、整體的設計材質為塑膠，提升其安全性，而且實驗效果明顯。
- 3、所消耗的氫氣及氯氣量很少，產物氯化氫也不會向外逸出，污染低具環保概念。
- 4、成本低廉，製作整組裝置花費少，符合經濟效益。

(二)根據學生問卷調查所得到的結果如下：

- 1、實施完本微型實驗後，大部分的學生都覺得對其學習氫氯氣性質有所幫助，故教師可利用此微型實驗提升其教學效果。
- 2、「微型氫氯氣光化反應裝置」是研究者自行設計的微型實驗裝置，有高達 98.87 % 的學生認為本微型實驗具有創新性。
- 3、大部分的學生在操作完這個微型實驗後，都產生濃厚的學習興趣和深刻的印象。
- 4、有 95.51 % 的學生認為本微型實驗的操作方式及製作過程是簡單易做的。
- 5、有六成的學生願意和同儕分享本微型實驗的學習經驗，而且也有 91 % 的學生在操作完本微型實驗後，對設計微型實驗的產生興趣，可見得本微型實驗能引起學生對微型實驗裝置的設計動力。

因此建議教師在教導學生學習氫氯氣體性質時，可引入本微型實驗作為補充教材或列為示範實驗，讓學生除了傳統的實驗課之外，也能進一步接觸到微型化學實驗，可活絡學生的思考及創造力，並融入環保的概念於其中，頗值得在國高中的化學教學課程中推廣實施，也建議後續研究者及教學者，能自行設計出配合學校教學課程的微型化學實驗裝置，因為微型化學實驗具備小、省、快、好、易、安、多、高、少、低的特點，即體積小、時間省、反應快、效果好、操作易、很安全、動手多、趣味高、用藥少、污染低，所以推廣並設計如此多優點的微型化學實驗，對我們的科學教育會有莫大的助益。

七、參考文獻

- 方金祥(1998)：微型化學實驗之設計與製作。高雄：復文書局。
- 方金祥(1999a)：微型電解裝置之設計研究。化學，57 卷 4 期，225-236。
- 方金祥(1999b)：簡易趣味化學設計四則。化學教育(北京師大)，總第 156 期，24-34。
- 方金祥(2001a)：微型化學實驗之設計研究-微型掌心雷。化學，59 卷 4 期，501-507。
- 方金祥(2001b)：新型微型滴定裝置之設計研究。化學，59 卷 1 期，45-49。
- 方金祥(2002a)：化學教學資源-微型化學實驗教學之理論與實務。台北：國立編譯館。
- 方金祥(2002b)：創意趣味微型化學實驗之演示及中學師生之實作研習。化學，60 卷 3 期，541-547。
- 方金祥(2002c)：大學普通化學實驗儀器微型化之設計研究-低值微型滴定裝置。化學，60 卷 4 期，659-664。
- 方金祥(2003a)：零污染安全微型木材乾餾裝置之設計與中學教學演示之研究。化學，61 卷 2

- 期，297-305。
- 方金祥(2003b)：微型電化學實驗之設計研究-水的分解與合成。化學，61 卷 3 期，483-490。
- 方金祥(2003c)：多功能安全微型氣體製備裝置之設計研究。化學，61 卷 3 期，491-498。
- 方金祥(2003d)：零污染微型安全氫氣製備裝置之設計研究及化學教學應用之研究。化學，61 卷 1 期，145-151。
- 方金祥(2003e)：微型環保電池裝置之設計與在中學化學教學應用之研究。化學，61 卷 1 期，127-133。
- 方金祥(2004)：教師創意微型化學實驗教學之設計。國民中小學九年一貫課程理論基礎(二)，教育部編印，民國 93 年 4 月，431-451。
- 方金祥、林佩蓁(2002)：中學微型木材乾餾有機化學實驗之設計研究。化學，60 卷 2 期，135-143。
- 方金祥、張簡琦麗(2001)：多功能微型氣體製備實驗裝置的設計研究。化學教育(北京師大)，5 期，39-41。
- 方金祥、張簡琦麗、林佩蓁(2001)：微型化學實驗之設計研究-微型電解與微型水火箭。化學，59 卷 3 期，353-360。
- 江新合(1994)：國中理化教師群體信念及心態特質之調查研究。高雄師大學報，第 5 期，159-184。
- 江武雄(1984)：國民中學化學科教師困難及問題之調查研究。國科會告 NSC75-0111-S018-04。
- 江武雄(1986)：國民中學化學科教師困難及問題之調查研究。國科會告 NSC75-0111-S018-06。
- 金佳龍(1997)：國中物理教師實驗室教學能力評量工具之發展研究。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文(未出版)。
- 林佩蓁(2002)：九年一貫課程自然與生活科技領域教師創意微型教學實驗之設計研究-微型木材乾餾有機化學實驗。國立高雄師範大學化學所碩士論文(未出版)。
- 林陳涌(1995)：從經驗證據和科學理論之間的關係來探討自然科實驗教學的意義。科學教育月刊，184 期，2-15。
- 洪姮娥(1984)：實驗室在科學教學上的功能。中等教育，35 卷 6 期，25-27。
- 郭重吉(1997)：迎接二十一世紀的科學教育。科學科技與媒體，33 期，2-11。
- 陳國城(1987)：最新大學化學。台北：大中國圖書公司。
- 許榮富、趙金祈(1988)：科學實驗在教育中的本質之分析研究。國科會報告 NSC77-0111-S003-23。
- 張改花(2003)：氫氣混合氣光照爆炸創新實驗。化學教育(北京師大)，7~8 合期，70。
- 張簡琦麗(2002)：高中微型電化學實驗之設計研究-微型電解裝置與微型燃料電池。國立高雄師範大學化學所碩士論文(未出版)。
- 雋桂才(2001)：開發趣味實驗 培養創新能力。化學教育(北京師大)，6 期，41-42。
- 譚增森(2002)：化學實驗設計與創新能力的培養。化學教育(北京師大)，3 期，36-38。

蘇懿生(1994)：高雄市立高中實驗室氣氛與學生對科學的態度之關係研究。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文(未出版)。

Barry, D.M.(1999). *Innovative Hand-On Activities for Middle School Science*. Paper presented at Annual Meeting of National Science Teachers Association, Boston, Ma.

Berk, E. G. (1999). Hands-on Science : Using Manipulatives in the Classroom. *Principal*. 78(4), 52-55.