創意微型實驗—微型化學水火箭

方金祥

創意微型科學工作室
chfang1273@yahoo.com.tw

「保特瓶水火箭」是一項既好玩又有趣的戶外科普活動，保特瓶水火箭顧名思義乃是以保特瓶為材料設計製作成水火箭頭，然後再配合腳踩式、手壓式或電動式打氣裝置組合而成。一般保特瓶水火箭在組合時需要使用到體積大或小的保特瓶，以及需有特殊的發射架來配合，同時更需要在開闊空間的場所如運動廣場才可發射，然而唯一美中不足之處是當其發射時只見到保特瓶水火箭升空以及保特瓶水火箭中之水被噴出來而已，而卻沒有噴出「火」來的現象。

本文以設計並製作一套更為名符其實、更為環保、更為經濟，更為普遍及大眾化且能兼具科學性及趣味性的真正有「水」又有「火」的微型化學水火箭。微型化學水火箭在發射時能噴出「水」和「火」，以及產生一聲「ㄅㄧㄤ、」的聲音來，非常吸引社會大眾及學生們的好奇與興趣。此一創意微型實驗裝置可在一般教室內、教室外走廊、實驗室或戶外實施，配合電解水與牛頓第三運動定律—「作用力與反作用力」之介紹來演示水火箭之發射，以及燃燒與爆炸之現象等單元之介紹，將使化學教學更為生動、活潑而有趣，教師之教學與學生之學習效果更為直接而有效。

■ 原理

利用水電解的簡單原理，將水電解時所產生之氫氣（H_2）和氧氣（O_2）使之混合成氫氧混合氣，再以混合氣體中之氫氣作為水火箭的燃料（推進劑），氧氣作為水火箭幫助燃燒之氧化劑，僅僅將 3~4 mL 少量的氫氧混

表一：微型化學水火箭之操作與發射原理

操作程序	發射原理	相關概念
製備燃料	利用微型電解裝置電解水產生氫氧混合氣體 3-4 mL），供作微型化學水火箭的燃料（推進劑）。	可燃性氣體
使水火箭頭內保留 1 mL 左右的水	利用動量守恆量原理，使水火箭頭內的水快速向外噴出以增強反作用力，推動水火箭頭加速向上飛出。	動量守恆定律
發射	利用改良型電子發射器引燃推進劑（氫氧混合氣體）爆炸的威力產生作用力與反作用力。	作用力與反作用力
飛行	將水與小火團噴出，飛行時並發出響聲。	爆炸產生推力

相片一：瓦斯電子點燃器

相片二：手搖式發電器

合氣體被收集在微型水火箭頭中，然後用改良型電子發射器（兼當作發射架）—經引燃之後，會於瞬間爆炸產生推力並應用牛頓第三運動定律—「作用力與反作用力」原理(表一)，進而將留在水火箭頭中少量（約 1 mL 左右）的水排出作為動力，利用動量守恆的原理使微型水火箭頭飛出去。

■ 材料與工具

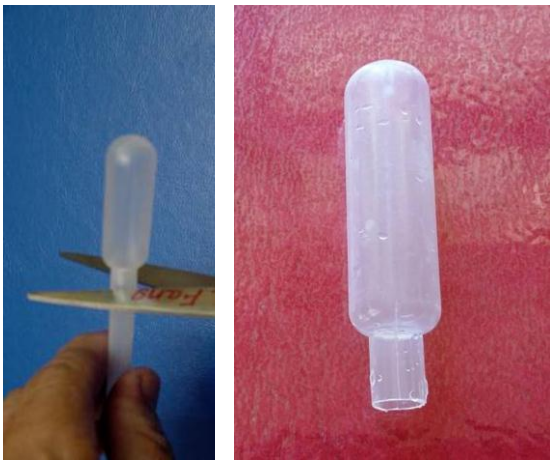
塑膠注射筒（10 mL） 1 支、三通塑膠活栓 1 個、三角形迴紋針 2 支、注射針頭 1 支、透明小容器或底片空盒子 1 個、塑膠滴管 1 支、熱熔膠（槍） 1 組、瓦斯電子點燃器（相片 1） 1 支、手搖式發電器（相片 2）1 台。

■ 微型化學水火箭之設計與製作

微型化學水火箭由微型水火箭頭、改良式電子發射器、微型電解裝置等三部分組成。其設計與製作分述如下：

（一）微型水火箭頭之設計

1. 用剪刀在一支 5 mL 塑膠滴管頭下方 1 cm 處剪掉作為微型化學水火箭頭，如相片三所示。



相片三：塑膠滴管頭下方 1 cm 處剪掉作為微型化學水火箭頭

2. 利用熱熔膠，固定 4 片小塑膠片在塑膠滴管頭下面對稱之位置作為尾翼，像火箭頭，如相片四所示。

相片四：尾翼更像火箭頭

（二）改良式電子發射器之設計與製作

1. 將拆開相片一電子點燃器，並將瓦斯取出。
2. 將內部之兩條導線分別接出來，約露出外面 4 cm

長，並使其微微向上彎曲並使其尖端稍微分開約 0.2 cm，而成不需電力永遠可用的「改良式電子發射器」，如相片五所示。

相片五：改良式電子發射器

（三）微型電解裝置之設計與製作

1. 將 2 支三角形迴紋針扳成 L 形狀，如相片六所示。

相片六：三角形迴紋針扳成 L 形狀

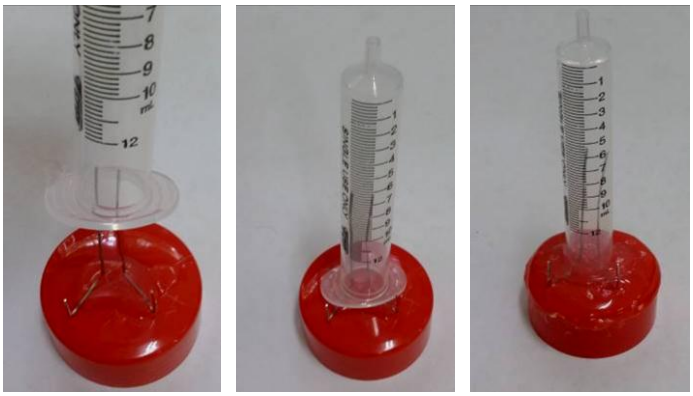
2. 用熱熔膠將 2 支 L 形狀之迴紋針固定在一個塑膠蓋子上，相距 0.5 cm，作為電極用，如相片七所示。

相片七：固定在塑膠蓋子上之 L 形迴紋針作為電極

3. 用熱熔膠將一支 10 mL 的塑膠注射筒底部固定在一個塑膠蓋上，並使 2 支 L 形狀之迴紋針插入塑膠注射筒中，作為「電解槽」，而組成微型電解裝置，如相片八所示。

（四）微型化學水火箭裝置之設計與製作

1. 在一個塑膠小漏斗之底部插入 1 支注射針頭（針頭尖端先磨平），並用熱熔膠固定之，如相片九所示。
2. 將三通塑膠活栓側管剪掉，剪掉處用熱熔膠將其封住改成雙通塑膠活栓，如相片十所示。
3. 將雙通塑膠活栓接在電解槽的上方，如相片十一所示。
4. 將上述組件組合起來而成真正有「水」又有「火」之微型化學水火箭裝置，如



相片八：微型電解裝置

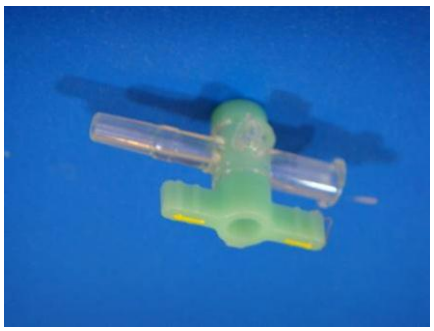
相片八所示。

■ 實驗操作與教學演示

微型化學水火箭之操作與教學演示之步驟如下：

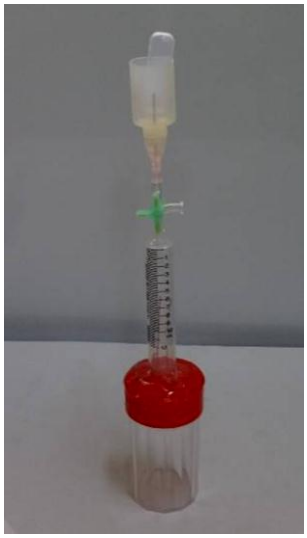
1. 利用接有注射針之注射筒吸取約 7 mL 的 10% ~ 20%的氫氧化鈉溶液。
2. 將本實驗裝置上面之塑膠雙通活栓取下來，將氫氧化鈉溶液由電解槽上方打入微型電解槽內作為電解液。
3. 然後再將雙通塑膠活栓接在電解槽上方，並在雙通塑膠活栓上方接上一個插有注射針頭的塑膠小漏斗（相片九）。
4. 將微型化學水火箭下方的塑膠罐加水至八分滿，其功用有二：一為可以使本裝置底部加重更為穩固，二為可供微型水火箭頭加水之用，尤其在戶外無水之處，可方便加水至微型水火箭頭內。
5. 將本實驗裝置接上一粒 9 V 乾電池為直流電源（為環保起見以電壓整流器或手

相片九：底部插入一支注射針頭之塑膠小漏斗



相片十：將三通塑膠活栓（左）改成雙通塑膠活栓（右）

相片十一：雙通塑膠活栓接在電解槽上方



相片十二：微型化學水火箭裝置

搖式發電器，代替乾電池作為直流電源供應之）後，隨即進行電解產生氫氣與氧氣之混合氣體收集在電解槽的上方，如相片十三所示。

6. 經電解約 30 秒後，在電解槽內之電解液上方之空氣會完全被排出。

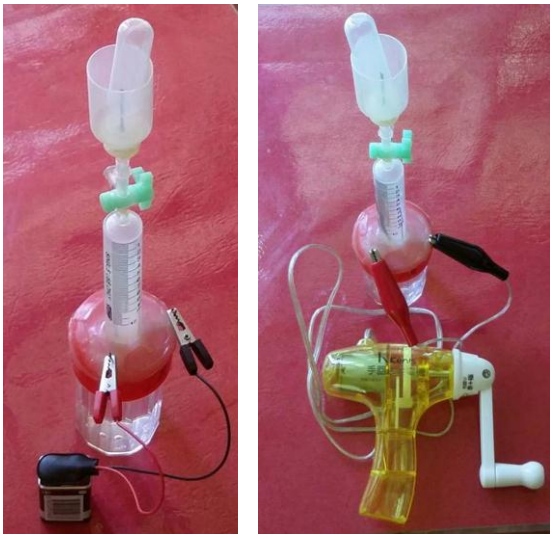
7. 將裝滿水之微型水火箭頭倒置後插入塑膠雙通活栓上之塑膠小漏斗中，並使其內之注射針深入水火箭頭中，以作為自動排水集氣用。

8. 待微型化學水火箭頭中之水被電解產生之氫氧混合氣被排出至剩下約 1 cm 高的水時，再將微型水火箭頭以垂直方式取出。

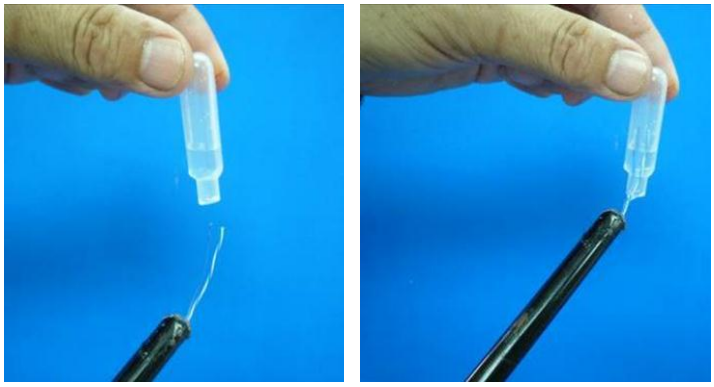
9. 然後再將微型水火箭頭以垂直方式小心地插入改良式電子發射器（相片五）前端之兩條導線內，如相片十四所示。

10. 手持改良式電子發射器，使微型水火箭頭保持在 45 度的仰角準備發射，如相片十五所示。

11. 手持插有微型水火箭頭之改良式電子發射器，朝向空曠無人處經按下改良式電子發射器之扳機時，微型水火箭頭會即刻飛出去，並發出一聲「ㄅㄧㄤˋ」的響聲以及排出一團小小火團，猶如真正有水又有火且名符其實的水火箭發射，



相片十三：於水火箭頭中收集氫氧混合氣體



相片十四：將電子發射器的前端兩條導線一起插入微型水火箭頭內

相片十五：微型化學水火箭之發射

相片十六：微型化學水火箭發射時噴出之小火團

如相片十六所示。

■ 實驗組合及操作時應注意事項

1. 本實驗以氫氧化鈉作為電解液，由於氫氧化鈉是強鹼且具有腐蝕性，因此在配置氫氧化鈉溶液時，手需戴上塑膠手套以避免手直接接觸到氫氧化鈉溶液。
2. 在電解槽中裝約七分滿的氫氧化鈉溶即可。氫氧化鈉溶液留在電解槽中可一直重複使用。
3. 不做實驗時電解槽上方的雙通塑膠活栓必須關住，以避免實驗裝置傾倒時電解槽中的氫氧化鈉溶流出。在實驗時必須將雙通塑膠活栓打開至上下通的位置。

■ 微型化學水火箭之特點

1. 器材簡單、組合容易。
2. 體積較小、攜帶方便。
3. 操作容易、安全有趣。
4. 戶內戶外、皆可發射。
5. 有水有火、名符其實。

■ 結語

微型化學水火箭與一般保特瓶水火箭不同之處，主要是利用水電解產生氫氣（推進劑燃料）與氧氣（助燃劑），因此本實驗可配合電解與電化學單原來介紹，已引起學生學習興趣。微型化學水火箭在發射時不像一般的保特瓶水火箭受到空間的限制，除了可在實驗室內來發射之外，亦可在一般教室、室內或戶外來進行，在其發射時除了微型水火箭頭會飛出去及有水會被噴出來之外，也會同時排出一團小小火團來，使水火箭更具有震撼性、趣味性，因此本微型化學水火箭才是真正名符其實的有「水」又有「火」的水火箭。