

寶特瓶在理化實驗上之利用

方金祥

國立高雄師範大學化學系

寶特瓶為目前食品業者在製造碳酸飲料、醬油及礦泉水等不可或缺的一種輕便容器，在市場上已大部份取代了玻璃容器。惟使用完後廠商並未加以回收利用，大部份的空寶特瓶都變成了廢棄物，由於寶特瓶的主要成分為聚乙烯（PE）高分子聚合物，其性質如同塑膠製品般的不易受到陽光照射而分解或微生物所分解，因此若廢棄的寶特瓶沒有做適當的處理而隨地亂丟時，極易造成嚴重的環境污染問題。

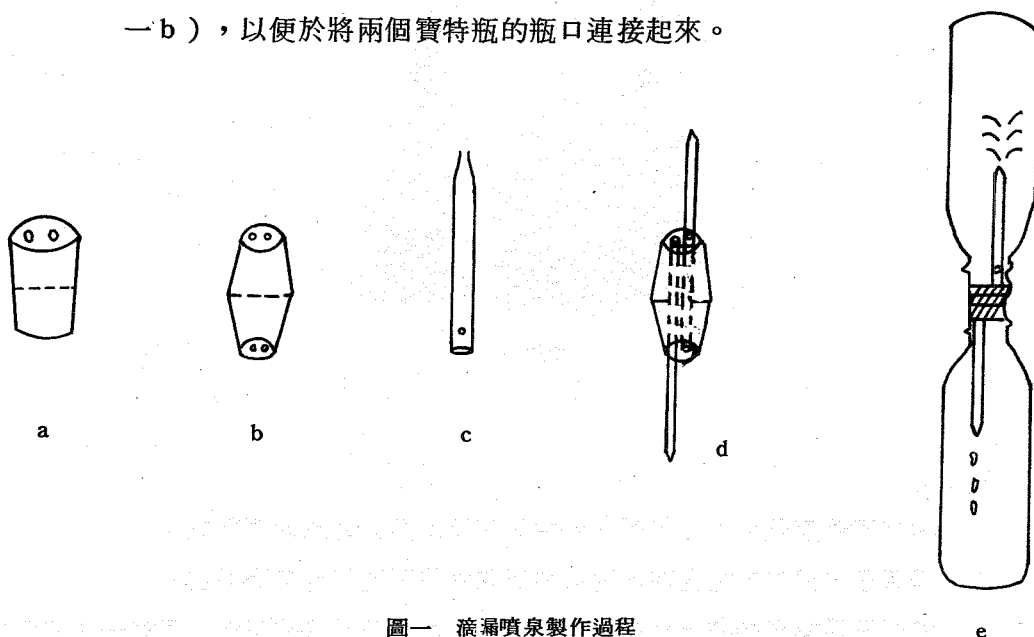
我們如果能把廢棄的寶特瓶加以回收利用，例如帶到學校實驗室便可供作理化實驗部份器材的代用品。如此一方面可解決學校器材之不足而導致實驗不易進行之困難，另一方面又可減少寶特瓶所產生的垃圾污染問題。因此本實驗之主要目的乃是利用廢棄的寶特瓶加以設計組合成簡易的實驗器材以配合實驗的進行。本實驗設計包括滴漏噴泉、簡易照明設備製造、簡易滅火器製造、氣體的製備及蒸餾水、酸鹼溶液或飽和溶液之貯存與取用等。

一、滴漏噴泉

1. 目的：利用兩個寶特瓶組合成一密閉系統，以了解氣體及水壓力在密閉容器內之關係。
2. 實驗器材：
透明寶特瓶（1250 mL） 2 個
橡皮塞（7 號） 1 個
原子筆桿（Bic 秘書型，透明的） 2 枝
膠帶 1 卷

3. 實驗設計、製作與步驟：

- (1) 先將7號橡皮塞用鑽孔器鑽兩個小孔，並在橡皮塞中央畫一圈（如圖一 a），然後利用磨砂機或砂紙把直徑較大的一端磨成與另一端的大小相同（如圖一 b），以便於將兩個寶特瓶的瓶口連接起來。

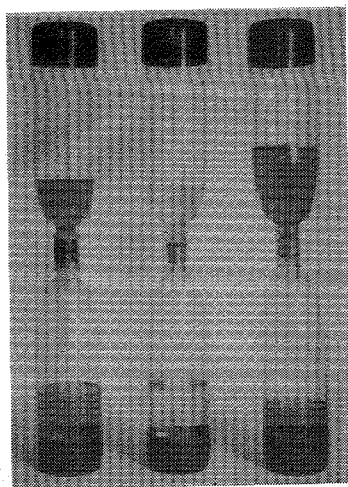


圖一 滴漏噴泉製作過程

- (2) 用迴紋針在酒精燈上加熱後，趁熱在2支原子筆桿的後端約1.5公分處穿1~2個小孔（圖一 c）（如原子筆後端已有孔時，則可省略此一步驟）。
- (3) 將此二支原子筆桿上方的蓋子去掉，並在橡皮塞的兩邊分別插入不同的孔中約1公分深（如圖一 d）。
- (4) 將此一插有原子筆桿的橡皮塞之一邊插入預先裝有七分滿水的寶特瓶上，並將另一寶特瓶再倒置插於橡皮塞的另一邊，使2個寶特瓶密合，最後再用膠帶在瓶口處封住，便完成滴漏噴泉的裝置（如圖一 e）。
- (5) 將滴漏噴泉倒置使原先加有水的寶特瓶在上面，而空的寶特瓶在下面，此時上面的水由於水壓的關係，延著下面的原子筆桿流出來，並將下瓶內之空氣經由另一支原子筆桿擠壓到上方，等到上面的寶特瓶內之水面低於原子筆尖時，即會出現噴泉（如相片一）。（見下頁）

4. 問題：

- (1) 如果原子筆桿後端沒有孔洞時會有什麼現象？
- (2) 為何水會往下流動，也會往上噴而形成下滴上噴的滴漏噴泉？



相片一

5. 結論：

- (1) 本滴漏噴泉是利用在密閉系統中氣體及水壓力的原理而製成。
- (2) 若原子筆桿沒有挖孔時，則只會形成水往下流出的滴漏而已。
- (3) 當原子筆桿底端挖有小孔時，則上方之水大部份會往下流，而另一小部份之水會進入小孔並受到下面瓶子內之空氣由於水流下來而被擠壓上去之力量產生一抽氣（suction）之力量而使水繼續進入上面的原子筆桿內，並往上噴出有如噴泉，此時便可見到水往下流又往上噴的滴漏噴泉了。
- (4) 可將瓶內的水加上各種不同顏色的色素，便可使此一滴漏噴泉更漂亮。

二、簡易照明設備之製作

1. 目的：利用寶特瓶當做可燃氣體的發生器，製作成一簡易的照明器具。

2. 實驗器材：

碳化鈣（電石或電土 CaC_2 ） 1 小塊

小寶特瓶（600 mL）1 個

玻璃管（4 cm） 1 支

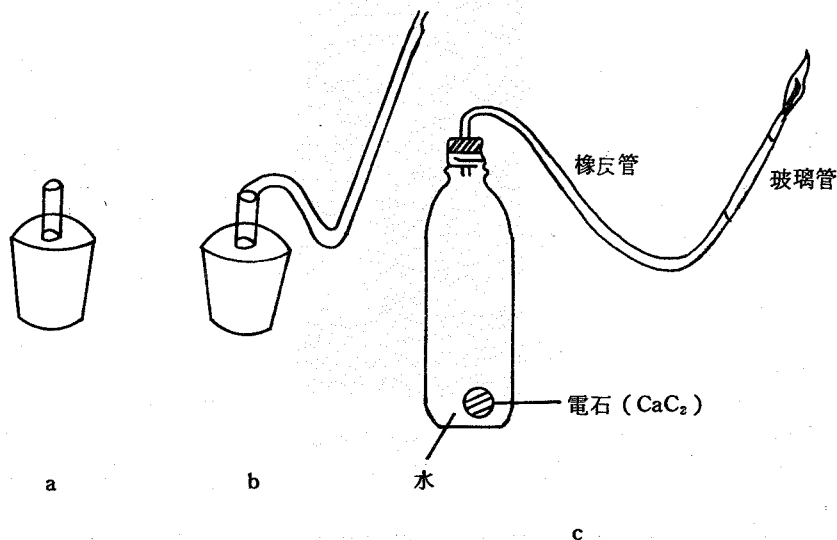
單孔橡皮塞（7 號） 1 個

橡皮管（60 cm） 1 條

玻璃滴管 1 支

3. 實驗設計、製作及步驟：

- (1) 先將 4 cm 長的玻璃管插入單孔橡皮塞上，使玻璃管一端伸出橡皮塞較鈍的一方（如圖二 a）。



圖二 簡易照明設備之製作過程

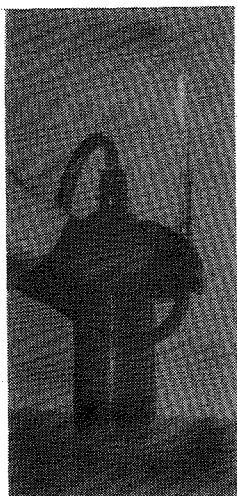
- (2) 再將橡皮管一端接到橡皮塞上的玻璃管，而另一端則插一支玻璃滴管（如圖二 b）。
- (3) 於寶特瓶中加入 5 mL 左右的水。
- (4) 將一小粒（約 1 cm³）之碳化鈣放入小寶特瓶中，並將橡皮塞塞住瓶口，則瓶中所產生的氣體迅由橡皮管排出。
- (5) 用手握住橡皮管末端之玻璃滴管，當氣體排出約 30 秒後，再以火柴點燃之，便形成一可繼續燃燒的照明器材（如圖二 c 及相片二）。至燃燒完了（約 2～3 分鐘）自行熄滅。

4. 問題：

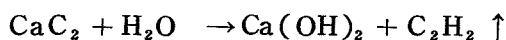
- (1) 碳化鈣在水中作用會產生什麼氣體？
- (2) 為何由滴管前端點火時會繼續燃燒？
- (3) 可否把一大塊的碳化鈣放入寶特瓶中？
- (4) 能否不接橡皮管而直接在橡皮塞上之玻璃管上點火？
- (5) 若寶特瓶內之空氣未被完全排出時能否點燃。

5. 結論：

- (1) 碳化鈣與水作用時迅即產生一可燃性的氣體—乙炔，其反應如下：



相片二 簡易照明器具



碳化鈣 + 水 $\rightarrow$ 氫氧化鈣 + 乙炔

因此點火便可燃燒，至所產生的乙炔耗盡為止便會熄滅。

- (2) 在早期電燈等照明設備不很普遍時，曾以碳化鈣放入一小鋼瓶容器內，並控制水滴的量，使其緩慢產生乙炔氣體，供作照明用。
- (3) 此一簡易照明器不宜直接在橡皮塞上之玻璃管上點火，且需特別注意寶特瓶內之水及碳化鈣之用量不宜過多，否則由於起劇烈作用大量放出乙炔，壓力增大易造成危險。為避免此一困難需加以控制水量（5 mL）及碳化鈣的用量（1 cm³），而且以接一條橡皮管如圖二 c 較為安全。
- (4) 若瓶內空氣未完全排出時點不着，最好等瓶內空氣完全排出後再點燃。

三、簡易滅火器之製造

1. 目的：利用空寶特瓶製作成一簡易滅火器，以了解滅火的原理。
2. 實驗材料：
 - 寶特瓶（1250 mL）1 個
 - 小試管 1 支
 - 碳酸氫鈉飽和溶液 500 mL

單孔橡皮塞（附 4 cm 長的玻璃管）

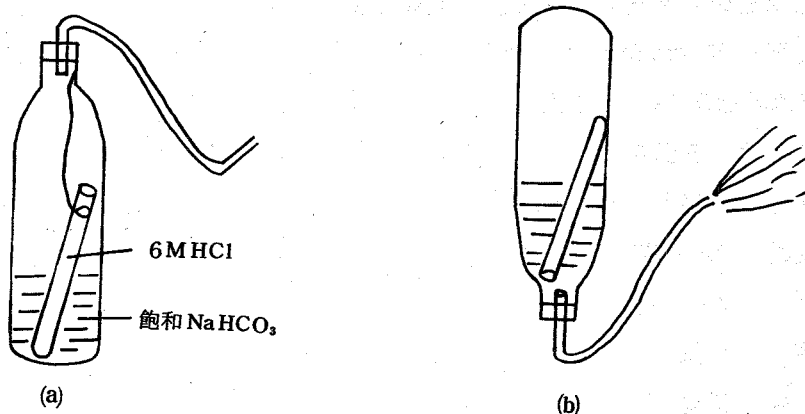
橡皮管 60 cm 長 1 條

玻璃滴管 1 支

稀鹽酸（6 M） 50 mL

3. 實驗設計、製作與步驟：

- (1) 先將飽和碳酸氫鈉溶液 100 mL 放入寶特瓶中。
- (2) 取 20 mL 的稀鹽酸溶液（6 M）放入小試管中。
- (3) 將試管用細線綁住，並小心地將試管放入寶特瓶中。
- (4) 將橡皮塞與橡皮管及滴管連接妥後，塞緊在寶特瓶上（如圖三 a），即為一簡易滅火器。
- (5) 若將寶特瓶倒置，則瓶內會產生氣體並將水由擠壓經橡皮管前端之滴管噴出（如圖三 b）。



圖三 簡易滅火器之製作

4. 問題：

- (1) 滅火的原理是什麼？
- (2) 酸鹼滅火器的原理是什麼？
- (3) 簡易滅火器倒置後所產生的氣體為何？

5. 結論：

- (1) 滅火原理乃是將燃燒的三要素可燃物、助燃物及達到燃點等，其中之一加以控制，如移開可燃物、隔絕空氣或降低燃點等皆可使火災熄滅。

- (2) 此一簡易滅火器滅火的原理乃是由於瓶中的碳酸氫鈉（鹼性）和稀鹽酸（酸性）起酸鹼中和作用並放出二氧化碳，使瓶內壓力增加，將瓶內之水噴出，噴出之水可將火源之溫度降低到燃點以下而達到滅火的目的，此一滅火器又稱酸鹼滅火器，其反應為： $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ 。
- (3) 本簡易滅火器由於是用寶特瓶來取代國中理化課本所用之玻璃瓶，使用起來較為安全。

四、氣體的製造

1. 目的：利用簡易的寶特瓶裝置來製備氧氣、氫氣及二氧化碳。

2. 實驗器材：

小寶特瓶（600 mL） 1 個

單孔橡皮塞（附一 4 cm 長之玻璃彎管） 1 個

橡皮管（60 cm 長） 1 條

雙氧水（30 %） 1 瓶

二氧化錳 5 公克

稀鹽酸（6 M） 50 mL

碳酸鈉 20 公克

鋅粉 10 公克

水槽 1 個

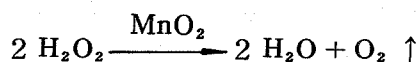
廣口瓶 3 個

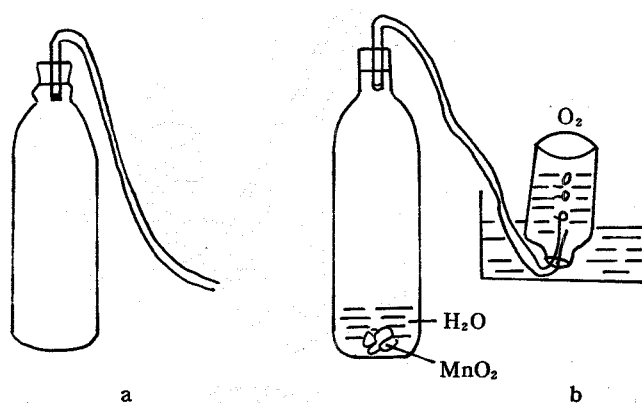
玻璃片 3 片

3. 實驗設計、製作與步驟：

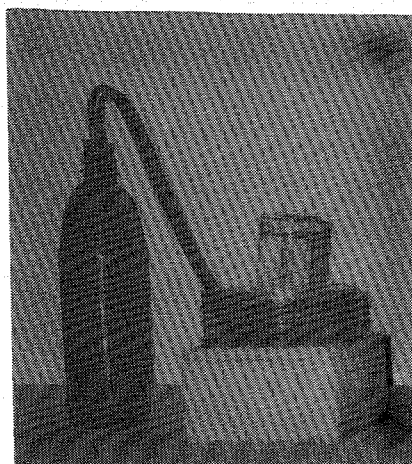
- (1) 將小寶特瓶（600 mL）瓶口塞上一附有玻璃彎管及橡皮管之橡皮塞，便成一簡易的氣體發生裝置（如圖四 a），此一裝置可適用於氧氣、氫氣及二氧化碳等氣體之製備（如相片三）。

- (2) 氧氣之製備：將一刮杓的二氧化錳（ MnO_2 ）放入寶特瓶內，再加入 10 mL 的雙氧水（過氧化氫），並迅將橡皮塞塞住瓶口，等瓶內之氣體排出一部分後才開始以排水集氣法來收集氧氣（如圖四 b），其反應方程式為



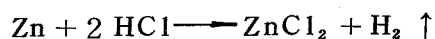
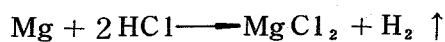


圖四 氧氣製造裝置

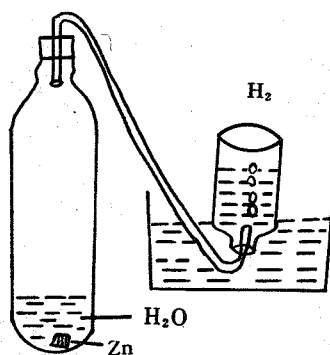


相片三 氣體製造器

- (3) 氫氣之製備：將鋅粒或鎂帶少許放入 600 mL 之寶特瓶中，再加入 20 mL 的稀鹽酸，並迅將橡皮塞塞住瓶口，等瓶內之氣體排出一部分後，才開始用排水集氣法來收集氫氣（如圖五）。其反應方程式為

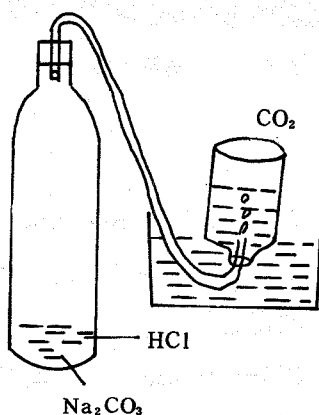
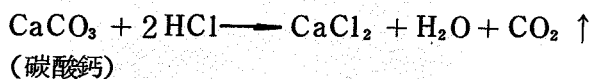
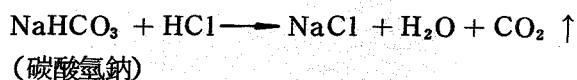
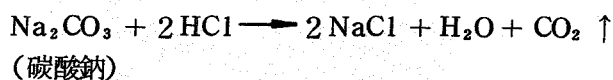


- (4) 二氧化碳的製備：在小寶特瓶（600 mL）中先放入 10~20 公克之碳酸鈉



圖五 氫氣製造器

或碳酸氫鈉、碳酸鈣、大理石、蛋殼、貝殼等，再加入 20 mL 稀鹽酸，然後迅將接有橡皮管之橡皮塞塞住瓶口，待氣體排出一部分後，再利用排水集氣法收集二氧化碳（如圖六），其反應方程式為



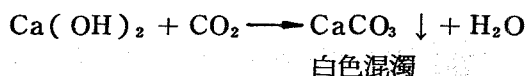
圖六 二氧化碳製造器

4. 問題：

- (1) 如何證明所收集到的氣體是氧氣、氫氣或二氧化碳？
- (2) 為何剛剛排出之氣體不能收集？
- (3) 製備氧氣時所加入的黑色二氧化錳目的為何？

5. 結論：

- (1) 以雙氧水製備氧氣時加入二氧化錳作催化劑來催化雙氧水的分解產生氧氣。欲證明是否氧氣時，可用火柴餘燼放入所收集的氣體瓶中，若使火柴餘燼死灰復燃則可證明該氣體為氧氣。
- (2) 製備氫氣時亦可用鎂帶代替鋅粒或鋅粉與鹽酸作用。而欲證明收集的氣體為氫氣時，可將點燃之火柴靠近集氣瓶瓶口，若有爆鳴聲即可證明該氣體為氫氣。亦可在橡皮管出口端接一玻璃吸管，然後在當有氫氣排出時以點燃之火柴靠近吸管，則會有爆鳴聲且會燃燒。
- (3) 欲證明二氧化碳時，可將氣體發生器之橡皮管直接通入澄清石灰水中，若能使其變成混濁白色沈澱者便是二氧化碳，其反應方程式為



- (4) 寶特瓶宜用小的寶特瓶（600 mL），以便於瓶內空氣之排除。

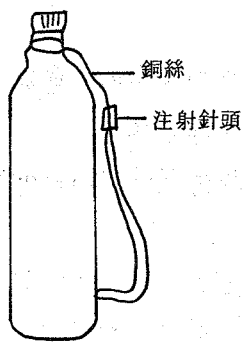
五、液體貯存與取用裝置

1. 目的：利用寶特瓶下側加一塑膠軟管，以便於蒸餾水、酸鹼性溶液或飽和溶液之貯存與取用。
2. 實驗器材：

寶特瓶（1250 mL） 1 個

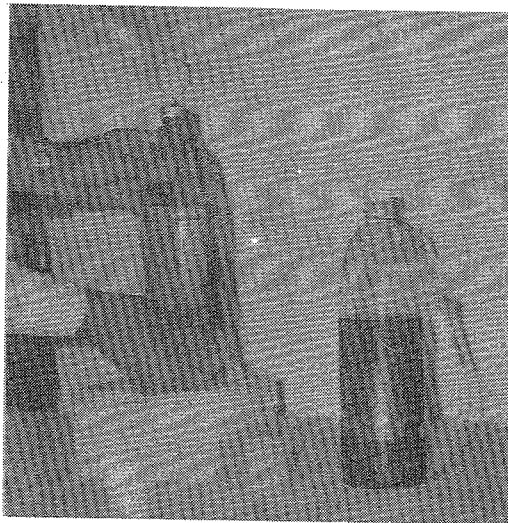
熱熔槍（膠） 1 支

塑膠軟管（20 cm長） 1 條
3. 實驗設計、製作與步驟：
 - (1) 在寶特瓶下方3公分處挖一小洞。
 - (2) 將一條長約20公分的塑膠軟管之一端插入洞內，並用熱熔膠固定之。
 - (3) 塑膠軟管之另一端接一個注射點滴用的針頭，而針頭用一銅絲固定在瓶頸處，即完成一液體貯存瓶（如圖七）。



圖七 液體貯存瓶

- (4) 將蒸餾水或鹽類飽和溶液、酸鹼性溶液等分別裝入圖七中之液體貯存瓶內。使用時先將瓶蓋稍微鬆開，再將塑膠軟管末端之注射點滴用之針頭拔出，往下放時液體便會流出來，並用手壓住塑膠軟管以控制液體之流出速度與用量，不用時將注射點滴用之針頭再往上固定（如相片四）。



相片四 液體貯存瓶

4. 問題：

- (1) 液體貯存瓶之瓶蓋若不鬆開時，對取用瓶內之液體有何影響？若把整個蓋子拿掉時對瓶內液體有何影響？
- (2) 液體貯存瓶不使用時，僅供作液體之貯存，需將蓋子緊緊的蓋住，其目的何在？

5. 結論：

- (1) 利用寶特瓶做成液體貯存瓶，可供作蒸餾水、酸鹼性溶液及飽和溶液之配製與貯存使用皆非常方便。尤其是學生分組實驗時，各組若皆有自用的蒸餾水或酸鹼性溶液或飽和溶液，甚至於其他溶液時，則實驗起來更為方便與安全。
- (2) 該液體貯存瓶使用時，必須將瓶蓋鬆開，使空氣流入瓶內，而瓶內之液體才能流出來。而不使用時，則必須將瓶蓋蓋緊，以防空氣中之二氧化碳進入瓶內，而影響蒸餾水之酸鹼性或氫氧化鈉溶液之正確濃度。而本液體貯存與取用裝置，在不需拿開瓶蓋即可取用所需要之液體量，既方便又可防止大量的二氧化碳及灰塵進入瓶內。

六、參考資料

1. 方金祥：暑期科學研習營——趣味化學實驗講義。
2. 國中理化第一冊—大氣與水、氣體製造、簡易滅火器製造。
3. 蕭次融：化學實驗演示，第四屆科學教育研討會。77年12月。
4. 馬路英和、鳥本昇、岩崎弘和池尾和子：保存すゐ，固定すゐ，日本化學會「化學と教育」37，188（1989）。
5. 張麗雪、李英蕙：製備氣體的簡易方法。科學教育月刊，104，49（民國76年11月）。