

簡易實驗裝置的設計

——水的電解與合成裝置——

國立臺灣師範大學化學系

瑞 益

化學是一門實驗科學，期由實驗以明學理，因此學生的實驗或教學的示範實驗均很重要。但是，化學實驗所消耗的藥品多，所花費的實習材料費相當大，所以將實驗所用的藥品量減少，不僅可節省經費，減少廢料污染，也可減低意外事件的危險性。近來由於塑膠與壓克力樹脂等材料的開發，又由於此等材料比玻璃安全且容易加工，自作實驗裝置，已成為不難的一件事，而簡易實驗裝置的設計與活用，於今顯得更重要。

在現行的國中化學課本第二冊第45頁（文獻1），利用電流的作用，將水分解成氫和氧，並且根據體積的測定，算出氫和氧在水分子中的質量比，是一個很有趣的實驗，可讓學生觀察到水的組成，又由其體積比以了解定組成定律，實驗本身已相當完美。不過，如果能設計一實驗，能將由電解所得的氫與氧，混合後直接合成水，則更可印證定組成定律。可是在實驗的操作上，水的合成要比水的電解難很多，因為要正確量取氣態的氫與氧不易，而且所混合後的氣體為爆鳴氣，點燃時易爆破容器導致危險，故在中學的實驗課裡只有水的電解，而沒有由氫與氧直接合成水的實驗，誠為一憾事。

本篇介紹全日本教職員發明展覽得獎作品「水的電解與合成」的實驗裝置（見文獻2）。此作品的創意在(1)電解槽內加一斜板，作為氣體的

混合板，使得由電解所產生的氫與氧混合後收集於一管，解決了要準確量取氣體來混合（例如量取氫與氧的體積為2比1）的困難。(2)以電子發火花座點燃混合氣體。(3)整個裝置以壓克力板、管為材料。由於市面上所能購得的材料的限制與為了改進實驗效果，原裝置中部分經筆者修改過尚望讀者參考原文獻（文獻2）。

一、製作材料

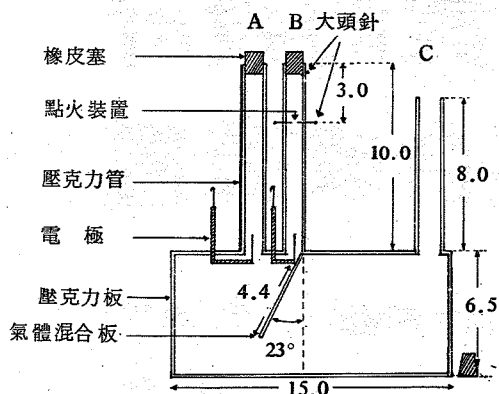
透明壓克力板（厚0.3公分），壓克力管（外徑1.5公分，內徑1.1公分2支，長均為10公分；外徑1.8公分，內徑1.4公分1支，長8公分，1號橡皮塞，包皮銅電線6公分長2條，大頭針3根，快乾硬化膠或壓克力膠。電子發火花座（台北市中華商場8棟9號，賜明打火機材料行）。

二、製作方法

1. 取包皮銅電線兩根，長各6公分，剝其兩端包皮各約兩公分，以硬化膠封住包皮切口，作為電極。

2. 取一壓克力板尺寸如圖1所示，穿三個洞以備裝置三根壓克力管A，B，C。在板上靠近洞處穿兩個小孔，將兩根電極電線分別穿過孔並以壓克力膠固定之如圖1所示。

3. 用壓克力板作一水槽D，除底面的一片外



〔圖 1〕 水的電解與合成裝置 (長度的單位為公分)

，其餘的五片以氣仿或壓克力膠將之固定為一盒。次接一壓克力斜板 E，做為氣體混合板。在盒內各壓克力板的相接處，薄塗壓克力膠以防漏水並使相接處光滑避免氣泡逗留。

4 取壓克力管 B，在距管頂 3.0 公分相對處，分別以熱大頭針（以鉗子夾大頭針在酒精燈的火焰中加熱約半分鐘）往上稍斜地穿進，使兩根大頭針頭相向非常靠近但不相接觸，點火時方可放火花以點燃混合氣。以橡皮塞塞緊管口，在頂口附近與橡皮塞相接觸的管壁上做記號，移去橡皮塞，在記號處以另一支熱大頭針穿之，未冷前略轉動並拔出，留下兩個小孔，以便穿大頭針進橡皮塞，避免點火時橡皮塞給彈出。

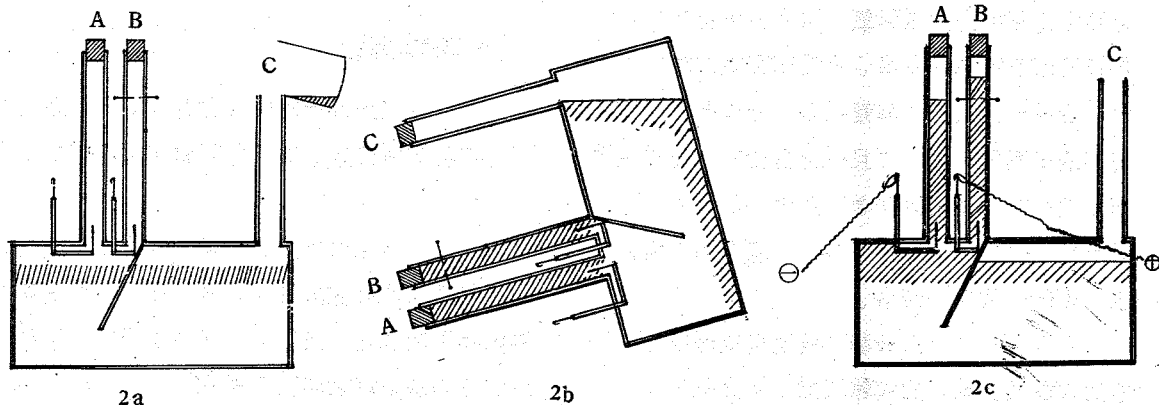
5 為避免塞進橡皮塞時，刮破橡皮塞，三根管口均以小刀削下內管口邊緣成一斜度。次將三

根壓克力管分別固定於三個洞，注意壓克力管要垂直並密封。最後貼上電解槽底面，注意漏氣。

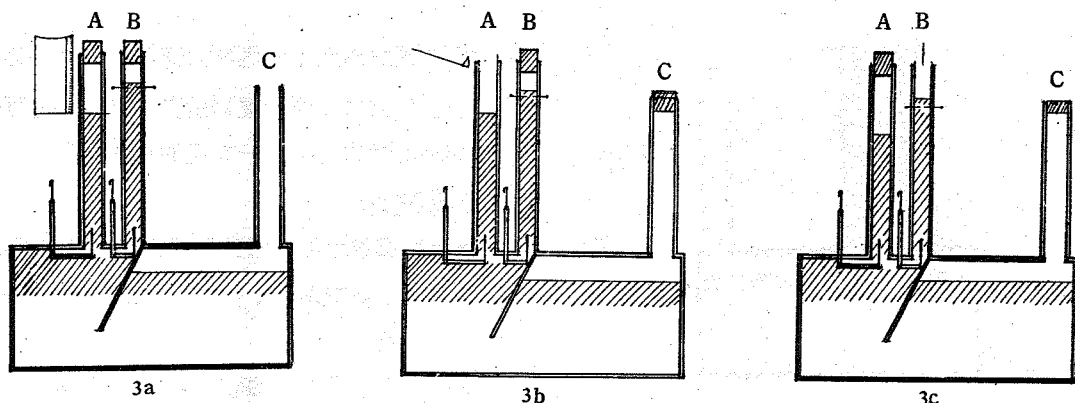
三、實 驗

1. 水的電解

於實驗裝置，注入氫氧化鈉的 5 % 水溶液至 9 分滿，如圖 2a。以橡皮塞蓋緊管口 A，B，C 並以大頭針穿進 B 管口的橡皮塞。次將實驗裝置傾斜如圖 2b，趕盡 A 與 B 管內的所有空氣，若留有小氣泡，則以手指頭輕彈之或重作上述操作。如此 A 與 B 管內灌滿水溶液，然後將實驗裝置恢復原位置，取開 C 管橡皮塞，接直流電源（6v - 125 mA）以電解水，如圖 2c 所示。若重複圖 2b 與圖 2c 所示各操作，可簡易地重複製備氫與氧。



〔圖 2〕 電解水的方法



(圖 3) 氣體的體積比的測定與鑑定

2 氣體的體積比的測定與鑑定

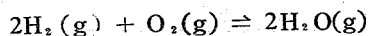
以米達尺測量氣體的長度如圖 3 a，便可求得氫與氧的體積比為 2 比 1。氫與氧的鑑定，可分別以燃着的火柴與點着的香條試之。先以橡皮塞蓋緊 C 管口如圖 3 b 後，移去 A 管口的橡皮塞的同時以燃着的火柴靠近之，則見其燃着，知其為氫。若要鑑定 B 管的氣體，先蓋緊管 A 與 C，取下穿進 B 管口橡皮塞的大頭針後移去橡皮塞，同時插入點着的香條如圖 3 c，可知所收集的氣體為氧。

3 水的合成

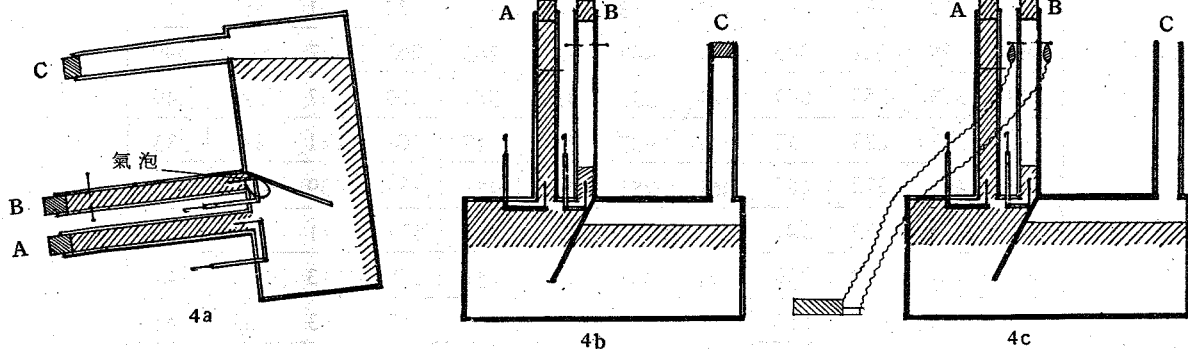
混合氫與氧以合成水時，其體積比為 2 比 1。為證實此一事實，可將由電解水所收集的氫與氧，在塞緊 C 管後，將實驗裝置傾斜如圖 4 a，氫與氧便在氣體混合板的根部附近集結混合。再將實驗裝置復原位置，使混合氣體完全進入 B 管如圖 4 b。移去 C 管的橡皮塞，連接電子發火花

座如圖 4 c。檢查一下 B 管的橡皮塞是否蓋緊？大頭針是否穿過橡皮塞？C 管的橡皮塞是否移去？等等安全檢查。一切妥當，一按電子發火花座，發出微小火花，混合氣體立即發閃光燃盡同時溶液上升充滿 B 管如圖 4 d，表示管內沒有任何氣體剩餘，證明由電解所製取的氫與氧完全化合為水。

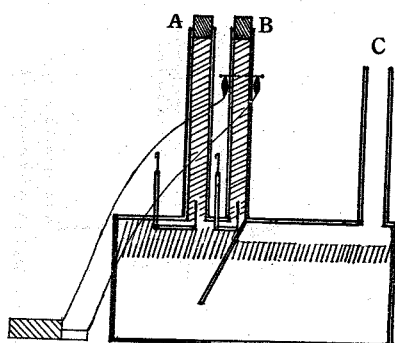
筆者曾做上述實驗數次，認為若在做圖 4 a 的操作時，稍加控制，使部份氫留在 A 管後重覆其餘操作如同前述，則點火後在 B 管留有氣體，量取 A 與 B 管內氣體的長度並試其為何種氣體，為另一有趣的實驗。氫與氧化合成水時，如下列方程式所示：



其氣體總體積縮小，似不致爆炸，但由於上述合成為放熱反應，致溫度突然高升，體積膨脹，不過由於與水溶液接觸，熱被吸收，所產生的 H_2O



(圖 4) 混合所收集的氫與氧，以備直接合成水



4d

(g)立即凝結為水，管內壓力驟降。若設法量度點着混合氣體時，瞬間氣體所漲的體積，當可估計爆炸時的壓力，是另一有趣的實驗。 □

參考文獻

1. 國立編譯館主編，國民中學化學，第二冊，第 45 頁，臺灣書店，台北，中華民國六十八年一月五版。
2. 津田 享，「理科的教育」，1980 年 10 月特集 29,676(1980)。日本理科教育學會編集。

用質數排成的魔方陣

利用不同的質數也可以排成魔方陣，最簡單的是三階如下圖所示。這個方陣中每行每列及兩條對角線之上三個數字之和都是 111。這個方陣

67	1	43
13	37	61
31	73	7

國立清華大學物理系 林克瀛

也是用質數排成的三階方陣中數字總和最小的。

如果限制使用由 1 開始的連續奇質數來排魔方陣，就困難多了。Martin Gardner 在科學的美国人 Scientific American 雜誌 210 卷 1964 年 3 月號數學遊戲專欄中透露美国人 J.N. Muncey 在 1913 年曾證明用由 1 開始的連續奇質數排成的魔方陣至少是十二階，他的結果如下圖所示：

1	823	821	809	811	797	19	29	313	31	23	37
89	83	211	79	641	631	619	709	617	53	43	739
97	227	103	107	193	557	719	729	607	139	757	281
223	653	499	197	109	113	563	479	173	761	587	157
367	379	521	383	241	467	257	263	269	167	601	599
349	359	353	647	389	331	317	311	409	307	293	449
503	523	233	337	547	397	421	17	401	271	431	433
229	491	373	487	461	251	443	463	137	439	457	283
509	199	73	541	347	191	181	569	577	571	163	593
661	101	643	239	691	701	127	131	179	613	277	151
659	673	677	683	71	67	61	47	59	743	733	41
827	3	7	5	13	11	787	769	773	419	149	751