

化學演示實驗

蕭次融

國立臺灣師範大學化學系

在課堂上演示化學實驗，可使學生貫注精神觀察化學現象（變化），注意物質的化學性質；因而便於教師做引導討論（Guided discussion），使學生留下深刻的印象，從而提高學生的學習興趣，產生意想不到的教學效果，均為優秀化學教師所樂於採用。

教學是藝術，也是科學，因此教學不僅要憑教師本身的學識，同時也要講求技巧。優良的教學法及設備良好的教學環境是化學教育成功的重要因素。教學常因教材內容而採用不同的方法，教學環境亦應根據教材之內容予以適當的設計，期使易於達成教學目標。因此化學教材與教學目標是決定教學法與教學環境的先決條件。在化學教育的教學過程中，常採取數種不同的教學法，但一般認為在中等學校階段，講解與實驗應該並行，惟目前各校的實際教學都偏重講解。

一、探究物質的實驗科學

化學是一門探究物質的實驗科學，化學實驗不僅可以驗證化學的基本概念和原理，還可以培養仔細觀察，從做中學，實踐手腦並用，解決問題的訓練。由親身的經驗逐漸養成正確的科學態度，培養獨立思考的能力，進而創新構想，獲得卓越的成果，享受「發明」的樂趣，可見實驗在化學教育上的重要性，不過基於許多不同原因，各校的化學實驗，多不盡理想。

二、實施化學實驗的困難

目前多數學校為了升學輔導，常犧牲了化學實驗，有的學校却因為藥品或儀器設備

等不能配合實際教學需要，或因安全的理由，或因學生實驗的準備與實驗後的整理費時，或由於一個班級學生人數多，批閱實驗報告成為教師課後的一大負擔，因而暫停了實驗課。因此，導致許多學生誤以為學習化學的方法與學習文科的沒有兩樣，只要熟讀課本，遇到考試，背一背課文，看看參考書也就可以了，反而懷疑化學有什麼好學的？因而降低了學習化學的興趣。為了糾正這種偏差，應該輔導各校確實依照課程標準實施教學，讓學生親自做實驗，但是在目前這只是理想，不易實現。為了補救這種偏差，可以利用教育工學。近來教育工學相當發達，各種教學媒體，例如電影片、錄影帶、幻燈片、投影片、模型等等，在教學上廣被運用，改進了教學方法，提高了學生的學習效果，確實發揮了其效用。教育部曾注意及此，已由師大科教中心，分年編列計畫，設計新課程各科教學媒體，以期輔助教學，使新課程能順利推展。高職的化學內容與高中化學的層次相似，也可使用高中化學教學媒體以增進教學效果。

三、學生實驗最重要

教育工學在教學上的效用，功不可沒，然而化學是探究物質的科學，也是實驗的科學，更應以學生親自動手做實驗最具真實感。因此，化學的教學仍然應以實驗為中心，由討論來驗證化學的基本原理和概念。但是，由於實驗比較耗時又費錢，而且每週一次的實驗很難配合實際教學進度，極難達到以實驗為中心的教學，因此減少了由觀察培養思考，進而啟發新構想的教學效果。

四、學生對化學教育的反應

根據「我國基礎科學教育現況研究」報告（王亢沛等，「我國基礎科學教育現況研究」，行政院科技顧問組，民國七十四年八月編印。），國中的化學教學應該是講解與實驗並行，但實際以實驗示範為主者僅佔31.9%，以講解為主者佔48.5%，以測驗題為主者佔19.6%。臺灣南區之情況更為嚴重，有74.2%以講解課本為主，30.3%以教測驗題為主。另外在高中教材與教學方式的檢討中指出約有35%學生對化學教師的教學方式很不滿意或不滿意，又有57.8%的學生認為在基礎科學教學中急需改進項目者，以「教學法之改進」為首要。如何改進化學教學法？除了充分運用教學媒體之外，簡便而最直接的方法是教師在教室隨教材做演示實驗（Demonstration）。化學畢竟是

物質科學，離開了物質談化學教育，不免太過於抽象。

五、教師演示實驗

爲了要使物質以及化學變化能以親眼目睹，以說明化學原理，並提高學生學習化學的興趣，而能在短時間內完成，不影響課程進度的方法，就是教師的演示實驗。

俗云：「百聞不如一見」，千言萬語很難說明的現象，也常因「一見」而明，這種例子在化學教學上尤其多。硫化氫、硫醇、酚、氨、氯等的味道，只要聞一次就很難忘記，但用語言文字說明，或則僅止於「惡臭」、「刺激臭」、「特殊的味道」等一類的描述，缺少真實感。又如氫氧化鋁、硫酸鋁、氯化銀，同以「白色沉澱」記載，但其間差異，未實際做過實驗的人很難體會得到。因此如果演示實驗的目標明顯，內容有趣，配合上課進度適時「表演」，不僅可幫助學生了解教材內容，且大可提高學生的學習興趣。本篇列舉教師演示實驗 10 項，與各位教師共勉，以期改進中等學校的化學教育。

這些演示實驗都相當簡單，且甚具趣味性。其中「自身氧化還原」係爲回答高中化學教師所提「碘在鹽基性溶液中不穩定」的問題而設計；最後之「預測反應」係爲甄選資優生輔導免試升學之目的而特意設計，亦可作爲指導學生經由化學實驗做探究學習（Inquiry learning）活動的教材，兩者均爲著者之創作。其他實驗如紫色高麗菜的顏色變化、簡易電解、蛋的滲透作用、二氧化硫的還原性質等均經重新設計，儘量使用日常生活中所用的物品以便於教師易於準備演示；並且可讓學生在家裡操作，以提高其學習化學的興趣。

六、教學活動的一個過程

教師在課堂上的演示實驗應視爲教學活動的一個過程，取其有趣，引人注意，而與一般的化學魔術（Chemistry magic show）不同。所以，教師必須了解所牽涉的化學反應，以及相關的知識，俾解釋化學現象，並具回答學生問題的能力。縱係很簡單的化學反應，亦須事先試演數次，才會收到預期的效果。這些演示實驗原爲在職進修的教師所編寫，因此所有實驗都是爲受過專業訓練的化學教師而設計，不僅使其能在課堂上配合教材內容適時演示，並且期望其能由此獲得啓示而設計適於在一般教室演示的教師示範實驗。

本篇所介紹的實驗原係教師的演示實驗，但經適當安排也可兼作學生實驗的補充教材，但是爲了確保實驗安全，學生必須在教師指導下操作實驗或試探實驗條件，試藥用量絕不可擅自增加。若能在教室內操作實驗，更易配合教學活動，但宜準備一小瓶清水與一個廢水瓶，並應準備濕毛巾與乾毛巾，以應急需。

七、參考資料

教學用的演示實驗，簡而易行，教學效果好，而可提高學生學習化學的興趣。在國內也曾有化學教師有感於此，整理有義意的示範實驗數則¹，惜流傳不廣。最近日本化學教育界又再度提倡教師的示範實驗，日本化學會以「有趣的五分鐘教師演示實驗」爲題徵文，經追試校對後整理出版²。另外在美國的「化學教育」以及日本的「化學與教育」以及「理科教育」期刊常有很精彩的教師示範實驗的介紹，除此之外最近出版的示範實驗書^{3~10}都可參考。本篇所介紹的10個演示實驗，各自獨立成篇，視需要分別列有參考資料。有關演示實驗的一般性資料可參考以下所列者。

1. 程恕人，「高中化學教學示範實驗方法之研究設計」，科學教育雙月刊，41, 35 (民國70年)。
2. 日本化學會，「使化學成爲有趣的五分鐘」，化學同人，東京，1984。
3. 師大化研所，「國中理化教師示範實驗」，教育部中小學科學教育計畫專案，研究報告，民國74年12月。
4. 師大化研所，「高中化學教師演示實驗」，教育部中小學科學教育計畫專案，研究報告，民國76年6月。
5. 林良重等，「理科實驗指導叢書，化學」，講談社，東京，1982。
6. 暮目清一郎，「PAC化學」，三共出版社，東京，1982。
7. Bassam Z. Shakhshiri, "Chemical Demonstrations, A Handbook for Teachers of Chemistry", The University of Wisconsin Press, 1983。
8. Lee R. Summerlin and James L. Ealy, Jr., "Chemical Demonstrations: A Sourcebook for Teachers", ACS, Washington, 1985. 日譯本，日本化學會，丸善株式會社，1987。
9. 蕭次融，「有趣的教學示範實驗」，中等教育，35, 3 (民國73年3月)。
10. 鄭華生，「水果電池」，科學教育，96, 34 (民國76年1月)。

11. 本篇所列實驗 1. 碘酒的色變，2. 奇異的七個杯子，6. 紫色高麗菜的顏色、以及 8. 蛋膜的滲透作用已應日本化學會邀稿，即將在其「化學與教育」誌刊登。

誌 謝

本篇所列實驗 10 項，其中部分取自教育部「中小學科學教育專案」的研究報告。在編寫期間得國科會資助，在日本國立教育研究所科學教育研究中心進修了一年，重複追試，始得完稿，於此深誌謝意。在國外進修時得國立教育研究所小島繁男次長、澤田利夫中心主任誠懇的接待以及與主任研究官三宅征夫先生與松原靜郎先生的切磋獲益良多，於此一併致謝。

1. 碘酒的色變（氧化還原）

目 的

利用點燃火柴頭的產物，探討火柴頭藥的主要成分。

演示所需時間

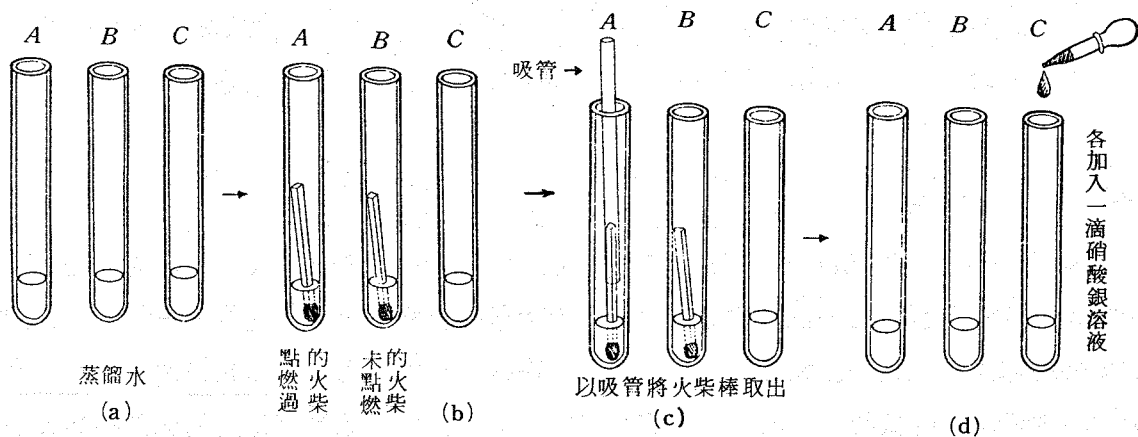
5 分鐘

器 材

蒸餾水	10 毫升	錐形瓶 (125 mL)	1 個
稀碘酒	1 毫升	小試管	3 支
澱粉指示劑	1 毫升	火 柴	1 盒
硝酸銀溶液	1 毫升	試管架	1 個
雙氧水	5 毫升	吸 管	2 支

步 驟

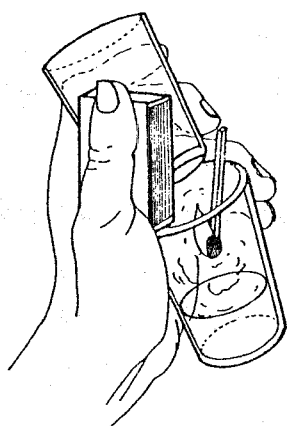
1. 於錐形瓶內倒入約 1 公分高清水，滴入碘酒數滴，搖動錐形瓶使溶液均勻，加入澱粉指示劑數滴使溶液呈現藍色。
2. 在瓶口擦點一支火柴，一點燃立即移入瓶內，俟火柴頭燃完即取出火柴，搖盪錐形瓶，即見藍液褪色。
3. 取小試管三支 A、B、C，各放蒸餾水，高約 1 公分如圖 1-1 之(a)，於試管 A 放進一支點燃過的火柴，試管 B 內放進一支未經點燃的火柴如圖(b)。
4. 數秒後取出 A 與 B 兩支試管內之火柴 (圖 c)，然後各加一滴硝酸銀溶液於試管 A、



〔圖 1-1〕 以硝酸銀檢驗火柴頭的成分



(a) 左手拿好兩個玻璃杯與火柴盒，準備點燃火柴



(b) 點燃的火柴，瞬即移入杯內



(c) 輕蓋玻璃杯底後搖動玻璃杯

〔圖 1-2〕 以玻璃茶杯替代錐形瓶

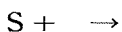
B、C（圖d）內，比較其結果。

說明

1. 一般的火柴為安全火柴，紅磷或磷的化合物與其他物質混合塗於火柴盒側面，（頭藥含有硫、氯酸鉀、以及其他氧化劑）這是學生記錯最多的，應特別提醒。
2. 步驟2 擦點火柴時，一點燃應立即移入瓶內，若「嘶嘶嘶」聲過後再移入，則實驗將失敗，所以要儘量靠近瓶口擦點。
3. 不同廠牌，火柴頭的含硫量不同，若含硫量少，則使用兩支同時擦點，或者倒掉部分藍色溶液，再加水沖淡。
4. 教師演示時爲了提高趣味性，可改爲以下的方法：
 - (1) 以兩個普通的玻璃茶杯（透明而且沒有花紋的）替代錐形瓶。
 - (2) 加碘酒數滴於玻璃杯內的自來水，則看似紹興酒，先不要加澱粉，點燃火柴立即移入杯內，以另一玻璃杯底蓋上，輕搖玻璃杯，即見碘酒變爲無色，看似高粱酒如圖1-2之(c)。
 - (3) 再加碘酒數滴至溶液又呈黃褐色，加餅乾碎片（粉），搖動玻璃杯，溶液則由黃褐色逐漸變爲藍紫色，甚至黑色。
 - (4) 再點燃一支火柴移入杯內同步驟(2)，搖動玻璃杯，溶液則經由紫色變爲無色（餅乾粉呈現白色）。
 - (5) 加雙氧水數10滴，搖動一下玻璃杯後靜置，溶液又由無色逐漸變爲藍紫色，甚至藍黑色（端視所加雙氧水的濃度與量）。

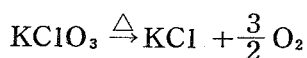
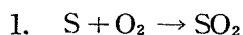
問題與討論

1. 點燃了火柴，其頭藥的主成分會有什麼化學變化？完成下列化學方程式：

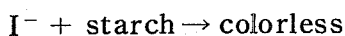
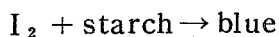
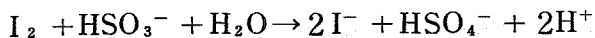
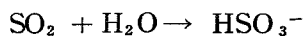


2. 步驟2，「藍液褪色」的原因是什麼？
3. 步驟4，如何說明氯酸鉀的存在？
4. 步驟2的藍液褪色後，可用什麼方法使溶液重現藍色？

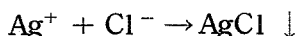
參考解答



2. 二氧化硫溶於水成爲亞硫酸，將碘分子還原成碘離子，而使藍液褪色。



3. 氯酸鉀分解後所形成的氯化鉀溶於水，氯離子與銀離子作用生成白色氯化銀沉澱：



4. 可加雙氧水使碘離子氧化成碘分子，而使藍色重現。

參考資料

1. 火柴可分摩擦火柴及安全火柴兩種。

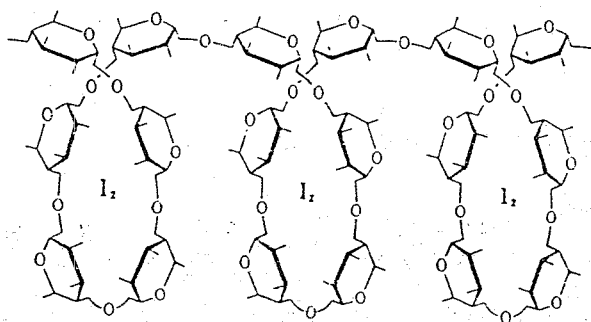
(1) 摩擦火柴：

可在任意粗糙表面摩擦點火。其製造過程爲將沾有硝酸鉀、碳粉、膠等混合物的火柴頭，覆上三硫化四磷、氧化鉛或其他氧化劑、玻璃粉及膠的混合物。在粗糙面摩擦後，摩擦所生的熱使外層的混合物劇烈作用而點燃內層的混合物，接著引燃浸過石蠟油的火柴棒。

(2) 安全火柴：

要在特製面摩擦方可點燃，乃一般常用火柴。其構造爲火柴頭先沾有氯酸鉀、硫或三硫化二銻、膠及白堊等混合物，火柴盒的側面或摩擦面塗有紅磷、膠、玻璃粉等的混合物。當擦點時摩擦所生的熱使紅磷與氯酸鉀劇烈作用而引燃火柴頭的其他物質。

2. 碘遇澱粉形成藍色的複合體：



〔圖 1-3〕 碘 - 澱粉複合體

2. 奇異的七個杯子 (自身氧化還原)

目的

利用碘在鹼性溶液的不穩定性以示其自身氧化還原反應與平衡的移動。

演示所需時間

準備妥當後演示一次只需 2 分鐘，在學生面前再準備一次需要 3 分鐘。

器材

碘 酒	數滴	酚酞溶液 (0.1 %)	數滴
鹽酸溶液 (6 M)	數滴	澱粉溶液 (0.1 %)	數滴
氫氧化鈉溶液 (6 M)	數滴	透明玻璃杯	7 個

步驟

1. 取透明玻璃茶杯 7 個，其中 1 至 6 號分別滴入下列溶液，7 號空著。

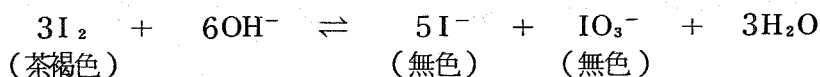
茶杯號碼	試 劑	滴 數
1	氫氧化鈉溶液	1
2	鹽 酸 溶 液	2
3	氫氧化鈉溶液	3
4	酚 酞 溶 液	4
5	澱 粉 溶 液	5
6	鹽 酸 溶 液	6

2. 將 7 個茶杯相疊，第 1 號杯子在最上面，杯子與杯子之間墊一張薄紙，携至課堂上。
3. 在學生面前，自最底下取出第 7 號杯，交由學生取自來水約半杯，將其一半倒入第 6 號杯子。
4. 在第 7 號杯子的自來水，滴入碘酒數滴至水溶液呈茶褐色。
5. 取出第 1 號杯子，將第 7 號的茶褐色溶液倒入其中，即見顏色消失，得無色透明溶液。
6. 將第 1 號杯子的無色溶液倒入第 2 號杯子，即見茶褐色複現，將其倒入第 3 號杯子，則茶褐色又消失。

7. 次將第 3 號杯子的溶液一半倒入第 4 號杯子，則顯現粉紅色，另一半倒入第 5 號杯子，仍為無色。
8. 將第 5 號的無色溶液慢慢倒入第 6 號杯子，則溶液由無色逐漸變化，終呈藍紫色。
9. 將第 6 號的藍紫色溶液慢慢倒入第 4 號粉紅色溶液內，觀察溶液顏色的改變。

說 明

1. 在本實驗，溶液顏色改變的最主要因素是溶液的酸鹼性。其最主要的反應式為：



溶液鹼性時碘不穩定變成無色的碘離子與碘酸離子，亦即平衡右移，例如第 7 號杯子的茶褐色溶液加入第 1 號含有氫氧化鈉的鹽基性溶液的杯子，顏色即失。又如加酸於上述溶液，即平衡左移，又產生茶褐色溶液，例如第 1 號杯子的無色溶液加入第 2 號杯子（含有鹽酸），立即顯出茶褐色。

2. 自身氧化還原反應（Disproportionation or auto-oxidation-reduction）是同一種元素中有一部分氧化的同時另一部分還原（Same element oxidized and reduced）。因此，反應物必須含有一元素至少具有三種穩定的氧化態。鹵素因具有多種氧化態能顯現數種自身氧化還原反應，例如氯溶於水：



3. 本實驗所需溶液宜事先配好，裝於塑膠滴瓶，使用較為方便，尤其在學生面前當場再準備一次時，需要在短時間內完成。
4. 為增加學生驚訝效果，除碘酒外，其他試劑在進教室前預先滴於茶杯，第 7 號杯子丟給學生（若使用塑膠透明茶杯時）拿去盛水。第 1 號杯子取出，杯口向下，輕輕左右搖幌二、三下，不見液滴旋轉或掉下來，假裝好像杯內空空如也。其他杯子也因只有數滴，可將杯口朝向學生，示其為空杯子即可。但是演示實驗是教學的一過程，第二次在學生面前再準備時，要講清楚（最好寫在黑板上），所滴下杯內的是什麼溶液，並給學生有充分的時間思考，這些變化究竟是什麼？為什麼會有這些變化？
5. 酸與鹼使用 1 M 者也可以，但由於各地的自來水來源不同，或許需要調整滴數。0.1 M 者太稀，演示不易成功。

參考資料

1. Moeller, et. al., " Chemistry with Inorganic Qualitative Analysis" , 2nd. ed., P.543, 1984, 臺灣版, 茂昌圖書有限公司。
2. 師大科教中心, 「化學」, 高級中學第三冊, 國立編譯館, 民國75年。

3. 指紋的顯現 (碘的昇華)

目的

以碘蒸氣來顯現紙上的指紋, 了解碘具有昇華以及易與有機物構成錯合物的性質。

演示所需時間

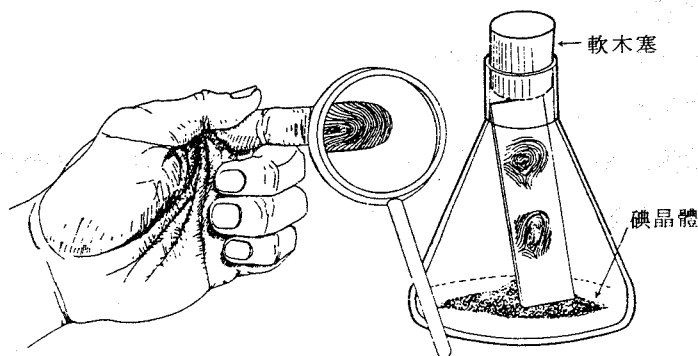
5分鐘

器材

碘 (晶體或粉末)	0.1 克	軟木塞	1 個
錐形瓶 (125 毫升)	1 個	紙 條	1 張

步驟

1. 錐形瓶內放入少許碘晶體, 塞上軟木塞備用, 過一會兒即見瓶內紫色碘蒸氣。
2. 取紙條一張, 將手指壓在紙條上, 印取指紋後把紙條置於錐形瓶內, 塞上軟木塞, 數分鐘後即見紙條上的指紋逐見顯現如圖 3-1。
3. 取出紙條, 檢驗指紋。
4. 改用不同質料的紙, 印上指紋經碘蒸氣薰後, 顏色有何不同?



〔圖 3-1〕 指紋的顯現

問題與討論

1. 你知道爲什麼指紋會顯現出來？
2. 顯現指紋的紙條靜置於桌上，過了一段時間，例如兩三個小時，會有什麼變化？
3. 將上述靜置了的紙條，再度置於瓶內，則見有何變化？

參考解答

1. 由於手指頭上佈有許多汗孔，累積著汗液，或沾有一些其他的油脂物質，所以手指壓於紙上；這些油脂吸收了碘蒸氣構成錯合物，使得指紋顯出顏色。
2. 由於碘容易昇華，所以經過一段時間後，紙上指紋所顯現的顏色便會隨碘的逸去而消失。
3. 因原來的指紋還留在紙上，再度遇碘蒸氣，指紋會再度顯現。

注意事項

1. 錐形瓶及軟木塞可用燒杯及錶玻璃取代，最方便的是醬瓜空瓶。
2. 由於碘具毒性及刺激性，應避免與皮膚接觸，更不可吸進碘蒸氣。
3. 做完實驗，碘應予回收。

參考資料

刑警採取犯罪現場指紋常用的方法：

1. 以細軟毛的刷子沾上「指紋粉」，輕刷於物體表面，則這些細粉會附著於隱形指紋的油脂物上，而使指紋現形，然後將指紋拍攝下來或以黏膠布印取指紋。爲了與物體表面顏色成對比，有各種顏色的指紋粉，一般常用的是：

- (1) 灰粉：鋁和白堊是主要成份。
- (2) 黑粉：由煤煙製成。

2. 紙張或紙板上指紋亦可用化學藥品顯現：

- (1) 類似本實驗所用的方法。
- (2) 將樣品浸入硝酸銀溶液，則所生成的含銀化合物經光解後，使指紋呈紅棕色顯現。
- (3) 以 ninhydrin 爲顯像劑，可使紙上指紋顯現紫色或棕色。

4. 簡易電解

目的

利用簡單的電解裝置電解各種水溶液，由所得電解產物，以了解電解過程中物質的氧化還原反應以及電子的轉移，進而以半反應式表達氧化反應與還原反應。

演示所需時間

20 分鐘

器材

水彩畫用調色盤

鹽酸溶液 (0.1 M)

剪刀

氫氧化鈉 (0.1 M)

棉線 (或濾紙，衛生紙)

碘化鉀溶液 (0.1 M)

乾電池 (9V 方型與 1.5V AA 型)

食醋 (5%)

導線 (包括 9V 電池帽扣或 AA 電池匣

食鹽水 (5%)

與鱷魚夾)

氨水 (或小蘇打片)

電極 (迴紋針、鉛筆芯、銅線、或

試紙 (或紫甘藍溶液)

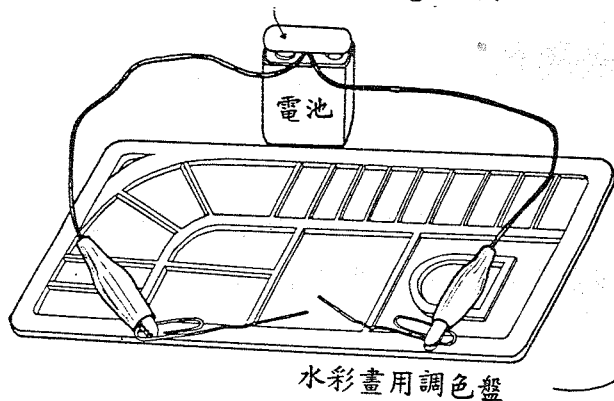
鉑線)

簡易電解裝置如圖 4-1

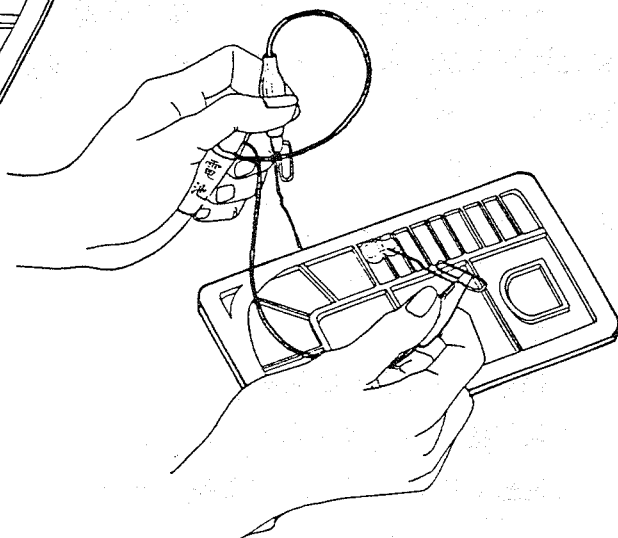
簡易電解操作法

1. 電池與電極的拿法：持電池於手掌與中指、無名指、及小指頭之間；大姆指與食指拿來有電極的鱷魚夾如圖 4-2 所示。另一電極也以鱷魚夾夾住，用另一隻手的大姆指與食指拿住。將兩支電極輕插於電解溶液中電解便開始。
2. 少量電解液可點滴在水彩盤上或塑膠袋上，也可以點滴在不易吸水的普通紙上成一小水珠。電解液最好裝於滴瓶，便於點滴，因每次電解所需電解液只是少量幾滴。若無點滴瓶，可裝於任何小瓶而用吸飲料用的吸管，將其一端折疊以膠帶貼住，即可成為吸放少量溶液的滴管。
3. 若兩極需要分開，以便了解各極的電解情形與產物時，可用棉花 (捻成條狀) 或濾紙 (剪成 0.2×1.5 公分)。當做隔膜，將電解液隔成兩半。若採用水彩畫調色盤，則在相鄰的兩小格放電解液數滴，而用一小段濾紙小細條連接 (跨過) 兩格如同鹽橋構成通路。

9 伏特方型電池帽扣



〔圖 4-1〕 簡易電解裝置



〔圖 4-2〕 電池與電極的拿法

步 驟

各步驟中的空白，可作為問題詢問學生回答。參考答案見註解。

1. 取出兩張試紙（註 1），左右並排在白盤（註 2）上，兩張相隔約 2 公分，然後：

(1) 點 1 滴食醋於左邊的試紙，則見試紙呈現 ① 色；

(2) 點 1 滴氨水於右邊的試紙，則見試紙呈現 ② 色。

不同廠牌的試紙，所呈現的顏色可能不同，現在所用的試紙，在酸性溶液呈現 ③ 色，在鹼性溶液呈現 ④ 色。

2. 注意看電池上所標示的 $\oplus$ $\ominus$ 極。在街上買得到的現成電池帽扣的導線，紅色的通常都連在電池的 $\oplus$ 極，所以其鱷魚夾所夾的電極是正極，同理黑色導線所連的電極就是負極。

3. 取一棉製線段（註 3）約 2 公分，置於白盤上，滴兩三滴食鹽水溶液於線段上潤濕棉線，然後在其左右兩邊各滴數滴食鹽水溶液。（註 4）

4. 電解食鹽水溶液數秒鐘後，放下電極與電池（注意兩支電極不要相碰）。電解時看到有何現象發生？用試紙試一試電解後溶液的酸鹼性，將所觀察到的現象簡要地寫下來：

(1) 紅色導線一端的溶液（正極）：⑤；

(2) 黑色導線一端的溶液(負極): ⑥。

5. 同步驟3與4的操作, 電解碘化鉀溶液數秒鐘後, 放下電極與電池。電解時觀察到有何變化? 用試紙檢驗溶液的酸鹼性。將所觀察到的結果寫下來:

(1) 正極一端的溶液: ⑦;

(2) 負極一端的溶液: ⑧。

6. 用澱粉溶液(註5)檢驗在步驟5電解所得產物, 則知:

(1) 正極一端的溶液: ⑨;

(2) 負極一端的溶液: ⑩。

7. 由以上的實驗可知電解碘化鉀溶液時, 在正極產生 ⑪ (產物), 這是 ⑫ (氧化還原) 反應; 而在負極產生 ⑬ (氣體產物), 這是 ⑭ (氧化或還原) 反應。

8. 在電化學上, 已定義陽極的反應為氧化, 陰極的反應為還原, 依此定義推演, 電解碘化鉀溶液時, 紅色導線的一端是正極, 也是 ⑮ (陰極或陽極), 產生 ⑯ (氧化或還原) 反應。

9. 因此, 電解碘化鉀溶液時電極所產生的反應可用半反應式表示如下:

(1) 陽極: ⑰;

(2) 陰極: ⑱;

而這個電解的總反應式為

⑲。

10. 電解碘化鉀溶液時, 若將 $\text{KI}_{(aq)}$ 滴在藍色石蕊試紙上電解, 則 ⑳ 極附近變為紅色。

備 註

1. 試紙可用石蕊試紙或廣用試紙, 若手邊無上項試紙, 可自行製備, 方法如下:

(1) 紫色高麗菜(紫甘藍)葉一片, 撕成碎片, 用少量水, 煮沸數分鐘; 即得紫色菜湯, 可供作酸鹼指示劑, 將濾紙浸於紫色菜湯後涼乾, 剪成適當大小備用。

(2) 鮮花一朵, 放在小碗, 用湯匙壓碎, 擠出花汁, 過濾得原花色液體, 可供作酸鹼指示劑。花瓣必須選用有色的, 也可將兩三種不同顏色的花混在一起壓汁。其依酸鹼性顏色的改變, 在家裡可用不同濃度的鹽酸、氨水、或小蘇打片(碳酸氫鈉)溶液等大約比對。

2. 白盤可採用水彩畫用調色盤(金屬做的調色板, 則不可), 或白色墊板, 也可用透

明塑膠袋，而在袋內放一張紙即可。

3. 棉線可用濾紙剪成小條替代，或以衛生紙捻成細線剪成適當長短備用。

4. 若用水彩畫調色盤時可利用相鄰的兩小格子，在兩格子間跨一線段或濾紙小條供作通路如圖 4-2。

5. 澱粉液必須煮過的透明液，也可用稀飯湯替代。

註 解

因試紙所呈現的顏色常因試紙的種類（不同廠牌，性質亦不同），以及 pH 值而有所不同，以下所示有關顏色的部分，只能做為參考。

1. ① 紅； ② 藍，多數廣用試紙呈現藍色，但是若使用紫色高麗菜自製的試紙，則呈現綠色或綠黃色。

2. ③ 紅； ④ 藍。

3. ⑤ 產生少量小氣泡，電解後溶液呈現酸性。

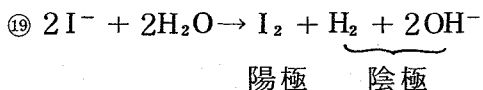
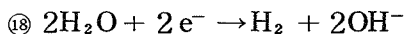
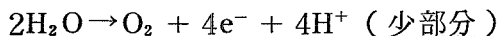
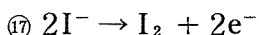
⑥ 產生比較多的氣泡，電解後溶液呈現鹼性。

4. ⑦ 電解液變為黃褐色，電解較久時產生不溶性固體，溶液以藍色石蕊試紙測之，呈現酸性。⑧同⑥。

5. ⑨呈現紫藍色；⑩無變化。

6. ⑪ 碘，⑫ 氧化；⑬ 氫，⑭ 還原。

7. ⑮ 陽，⑯ 氧化。



⑳ 陽

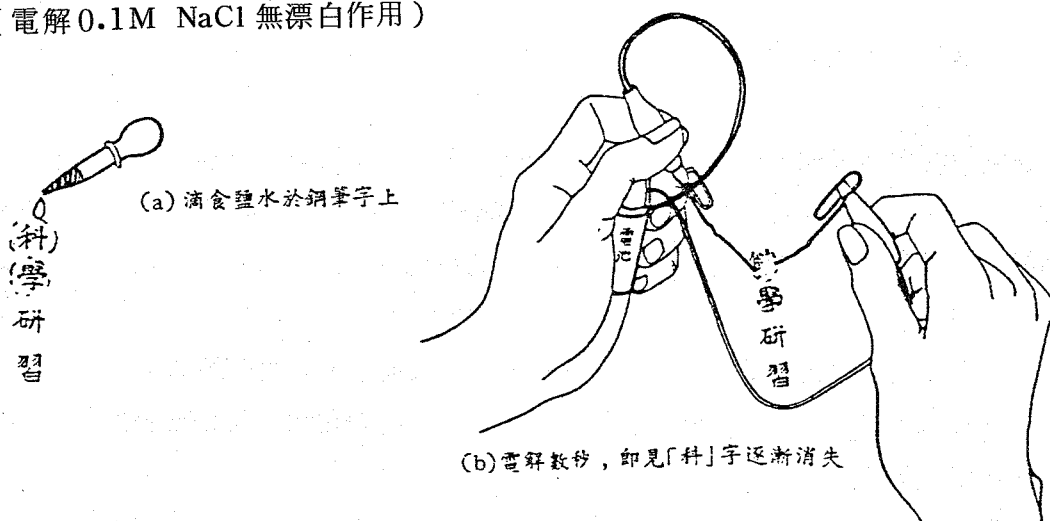
探討研究

本篇所介紹的簡易電解實驗，裝置與操作均相當簡單，學生在家裡就可以做，希望多鼓勵學生試做，並指導其更進一步的探討研究。下列實驗項目僅供教師參考，教師視實際需要增減，適切地指導學生研究。

1. 分別電解(a)硫酸銅，(b)亞硫酸鈉，(c)鉻酸鉀等化合物的水溶液，與本實驗所做的電解(d)食鹽，(e)碘化鉀等水溶液的結果相比較，有何異同？

2. 若改變電解電壓，以(a) 1.5 V，(b) 3.0 V，(c) 9.0 V電解上述溶液，結果相同嗎？為什麼？

3. 用鋼筆在白紙上寫字，乾後在字上滴一滴食鹽水，成一小水珠，如圖 4-3(a)，然後電解，如圖 4-3(b)，有何現象發生？改變食鹽水的濃度做同樣的電解，結果如何？為什麼？（電解 0.1M NaCl 無漂白作用）



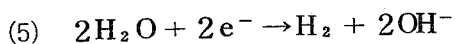
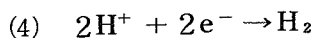
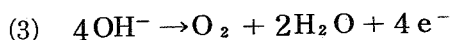
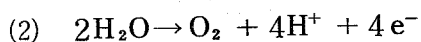
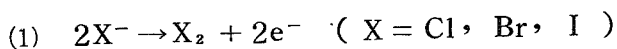
[圖 4-1] 在鋼筆字上電解

4. 於白盤上滴下數滴碘化鉀溶液後滴加鉻酸鉀溶液數滴，有何現象發生？其結果與電解碘化鉀的結果有何異同？為什麼？

5. 碘化鉀溶液電解後，在其溶液內加上亞硫酸鈉溶液後有何現象發生？為什麼？

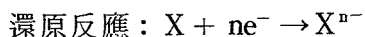
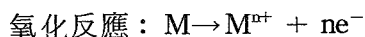
6. 本實驗所介紹簡易電解操作法，教師均可在透影機上演示，使用透明塑膠袋可得清晰畫面，效果甚佳。

7. 指導學生整理電解水溶液所得結果，是否可歸納為下列六類型：



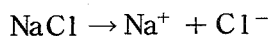
參考資料

許多化學反應發生的過程，可以看做是因為反應物的組成粒子之中，有了電荷的釋放和接受的現象，這種類型的化學反應屬於氧化還原反應，如：



有些氧化還原反應需要外加電能，才會發生化學變化。這種由電能的加入而引起化學變化的現象稱之為電解。

電解質在水溶液中以離子存在，例如：



帶正電荷的稱為正離子或陽離子，例如 Na^{+} ；帶負電荷的稱為負離子或陰離子，例如 Cl^{-} 。若將直流電流通入電解質溶液，則陽離子（cation）向陰極（cathode）移動；陰離子（anion）向陽極（anode）移動，而在電極面上發生化學反應。

下列文獻有助於了解電解以及簡易電解的方法：

1. 高中基礎理化實驗手冊，「實驗九—電池及電鍍」，國立編譯館。
2. 蕭次融、張麗雪，「教師示範實驗」，全國專科普化教學及實驗研討會手冊 pp. 74-102。高雄工專，76 年 2 月。
3. K.E. Kolb and D.K. Kolb, "Apparatus for Demonstrating Electrolysis on the Overhead Projector", J. Chem Educ., 63, 517 (1986)。

5. 雲的形成（絕熱膨脹）

目 的

由水面上的水蒸氣，一經壓縮後突然膨脹產生霧，使學生推想形成雲的過程以及冷氣機的運作。

演示所需時間

3 分鐘

器 材

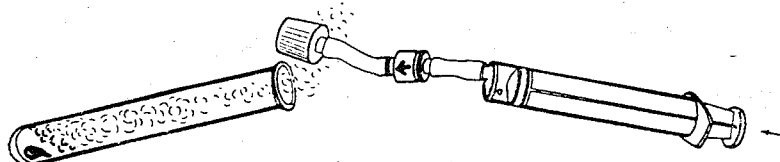
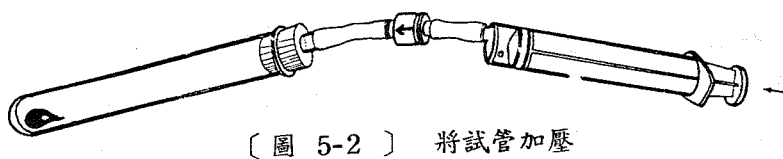
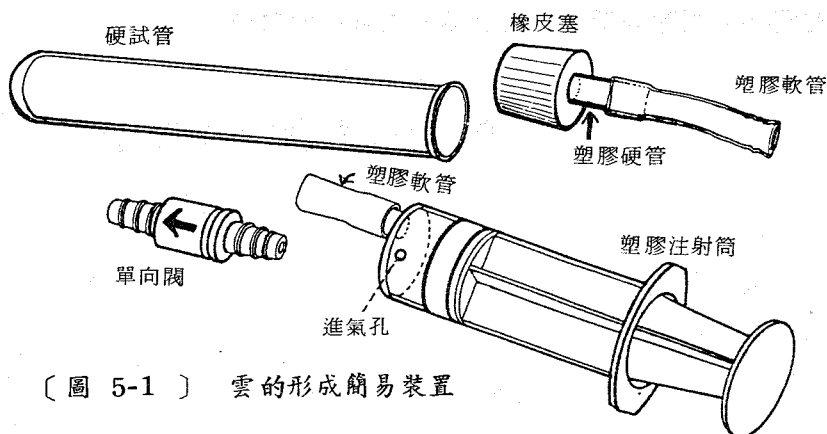
硬試管與橡皮塞	1 套	塑膠硬管（外徑 5mm）	6 cm
塑膠單向閥	1 個	塑膠軟管（內徑 5mm）	8 cm
塑膠注射筒（50 cc.）	1 個	裝置零件如圖 5-1	

操 作

1. 在硬試管內滴入冷水數滴，蓋上連接導管的橡皮塞。
2. 導管連接一個單向閥後再接一個注射筒（如圖 5-2，前端打一進氣小孔，壓縮注射筒時以手指壓住小孔，拉注射筒時放開指頭）以注射筒將空氣壓入硬試管。
3. 調整橡皮塞與硬試管口的鬆緊，使打入空氣兩注射筒（約 70 cc.）時，硬試管內壓力足以彈開橡皮塞，使其突然掉落。此時即見原為透明的硬試管內氣體，成為霧狀如圖 5-3。

問題與討論

1. 同樣步驟再試一次，是否可得同樣結果？
2. 倘若硬試管內放入熱水，結果一樣嗎？
3. 什麼叫做單向閥？
4. 試說明本實驗生成霧狀的原因？
5. 由(4)的結果，探討雲的生成。



參考解答

1. 此一演示，再現性甚佳，同樣步驟再試一次可得幾乎同樣的結果。
2. 倘若硬試管內改放熱水，同樣步驟再試，若其他條件相同（如橡皮塞的塞緊程度相同，打入試管內的空氣量相同）則使用熱水時產霧較多。
3. 單向閥可以自製，其構造類似腳踏車打氣唧筒。
4. 因橡皮塞突然脫落，試管內氣體突然膨脹。此一膨脹因其為瞬間，幾近絕熱膨脹，因此這一過程雖無熱的吸放但作了功而降低溫度，使管內水蒸氣溫度降達其露點而成霧狀。
5. 雲的形成說明同上。

注意事項

1. 硬試管必須耐壓者，教師應事先試驗其耐壓程度，至少要經得起壓入 5 個注射筒的空氣。
2. 若交給學生操作，應特別注意安全，絕不可允許壓入第三次注射筒。
3. 同一裝置只要改變單向閥的方向，將加壓改為抽壓，水滴改為熱水即可演示壓力與沸點的關係。因壓力低於一大氣壓，試管不會爆破。

6. 紫色高麗菜的顏色

目的

從紫色高麗菜萃取色素，探討酸與鹽基對其顏色的影響。

演示所需時間

不包括萃取色素，演示時間在 5 分鐘以內。

器材

紫色高麗菜葉	1 片	加熱設備	1 套
胃酸片	1 粒	燒杯 (250 ml)	1 個
食醋	1 mL	吸管	3 支
鹽酸 (0.1 M)	1 mL	小試管	10 支
氫氧化鈉 (0.1 M)	1 mL	試管架	1 個
廣用指示劑	1 mL	調色盤 (水彩畫用)	1 個

步 驟

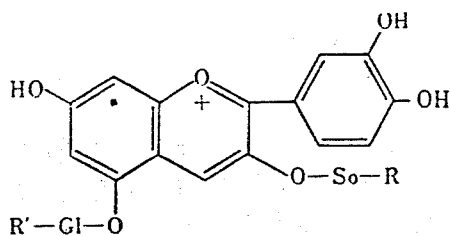
1. 取紫色高麗菜（紫甘藍）葉一片，撕成小片置於燒杯中，加少量水至浸濕葉片。
2. 加熱數分鐘，即見溶液變成紫藍色，停止加熱後傾出紫藍色溶液備用。
3. 取試管 5 支，各放紫藍色溶液約 1mL。在第一支試管加 0.1 M 鹽酸 1 滴，即見溶液變成紅色。於第 5 支試管加 0.1 M 氫氧化鈉 1 滴即見溶液變成藍色或綠色，搖動試管片刻，溶液可能逐漸變成黃色。
4. 以吸管吸取第 5 支的溶液，加 1 滴或 2 滴於第 4 支試管混合均勻後，取其 1 滴加於第 3 支試管，振盪均勻，再取其 1 滴加入第二支試管，振盪均勻。
5. 比較 5 支試管的顏色。
6. 與上述步驟 3～5 相同的操作，但以食醋與胃酸片溶液分別替代鹽酸與氫氧化鈉溶液，也可得到類似的結果（缺黃色）。

說 明

1. 若由學生操作實驗，加熱萃取色素的部分可指導一組學生操作，具示範作用，所得紫色溶液分給其他各組使用。
2. 本實驗可作為「學生實驗」，在普通教室進行。學生可使用調色盤以替代試管，紫色高麗菜溶液改用 10 滴即可。
3. 若購買不到紫色高麗菜，改用鮮花亦可，方法如下：
 - (1) 檢取紅色落花一朵，撕成小片置於試管中，用筷子搗碎，加水少許再攪碎花片，以萃取色素。
 - (2) 傾出溶液備用，若溶液混濁，過濾可得鮮明的顏色，若量不多可用吸管塞棉花簡易過濾。
 - (3) 顏色的改變，其效果依所用花瓣而不同，春天的紅色花效果甚佳。

4. 紫色高麗菜的色素為 rubrobrassicine，其構造式如圖 6-1，因此可認為 rubrobrassicine 為天然的 anthocyanin 的配醣體。

5. 許多存於花朵或葉子的植物色素如紅色、紫色、藍色，大都是因為含有 Anthocyanins (Gr. anthos 花；Kyanos 藍)。一種色素會呈現紅、藍、紫等不同的顏色是一件很有趣的事。其原因到目前尚未完全明瞭，曾以花



GI 為 glucose，So 為 sorbose

〔圖 6-1〕 紫色高麗菜的色素的構造

瓣細胞液的 pH 值來說明,但是植物的細胞液是酸性或弱酸性(其 pH 值通常 4~6),不可能為鹼性。因此,花的顏色變化不是因為 pH 值的變化,而是由於其色素與金屬離子構成錯化合物所致,由植物萃取含有 anthocyanin 類色素對酸鹼度不同所呈的顏色依其種類可大別為兩類

植物的顏色	酸 性	⇌	中 性	⇌	鹼 性
紅	紅		無色		淡黃 黃
藍或紫	紅		藍 紫		綠 黃 (或黃褐)

以上兩類在較強鹼性均呈黃色。

6. 紫色素的顏色變化與 pH 值的關係如表 6-1。

[表 6-1] 紫色素的顏色變化與 pH 值的關係 *

溶 液 pH 值	溶 液 顏 色	精 確 之 變 色 範 圍
1 ~ 2	紅 色	1.00 ~ 1.95
3	粉 紅 色	2.25 ~ 2.35
4	粉 紫 色	3.30 ~ 3.63
5	淡 藍 紫 色	4.45 ~ 4.91
6	藍 紫 色	5.25 ~ 5.73
7	紫 青 色	6.25 ~ 6.32
8	青 綠 色	7.87 ~ 8.00
9 ~ 10	翠 綠 色	9.26 ~ 10.95
10 ~ 11	草 綠 色	11.23 ~ 11.74
11 ~ 13	黃 綠 色	11.90 ~ 12.12
13 以上	深 黃 色	13.47 ~

* 取自師大化學系 72 級傅麗玉大四畢業論文。

7. 同族元素的比較

目 的

由元素在週期表上的位置，推測物質的性質，再與實驗結果比較，以了解不同族間各類似物質，以及同族各元素所構成類似物質時其性質的遞變。

演示所需時間

操作時間約 10 分鐘。

器 材

溶液裝於點滴瓶

LiCl	0.1 M	MgCl ₂	0.1 M
NaCl	0.1 M	CaCl ₂	0.1 M
KCl	0.1 M	SrCl ₂	0.1 M
KBr	0.1 M	BaCl ₂	0.1 M
KI	0.1 M	澱粉液	0.1 %
H ₂ SO ₄	1 M	(NH ₄) ₂ CO ₃	0.5 M
試 管	10 支	電 極	1 對
試管架	1 個	吸 管	5 支
乾電池 (9V)	1 個	透明塑膠袋	1 個
電池帽扣連接鱷魚夾	1 個	水彩畫調色盤	1 個

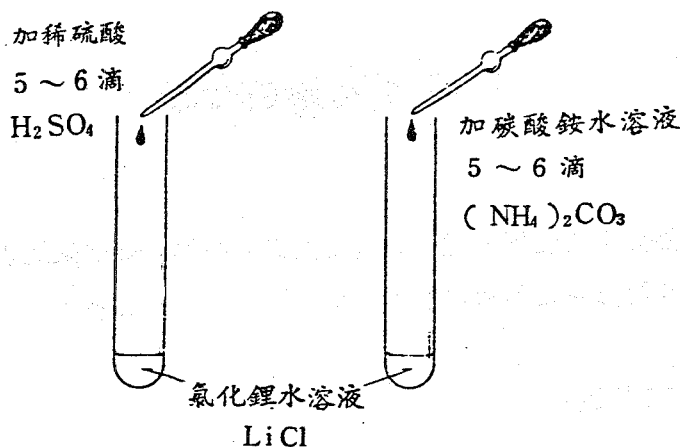
步 驟

1. 產生沉澱

(1) 取試管兩支，各放 LiCl 溶液 0.5mL 後分別加入稀硫酸與碳酸胺水溶液數滴，如圖 7-1，觀察是否產生沉澱？本實驗之重點在於「比較」，因此 LiCl 水溶液的量以及滴下的試液之滴數，必須相同。

(2) 同上步驟，改用 KCl、MgCl₂、BaCl₂ 的水溶液，分別實驗。

(3) 先從週期表上的位置推測 NaCl、CaCl₂、SrCl₂ 各水溶液的性質後，照步驟 1 做同樣的實驗，將推測的結果與實驗的結果做一比較。



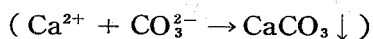
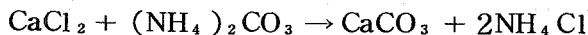
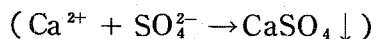
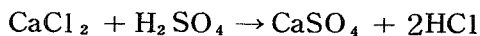
[圖 7-1] 比較溶解度,是否產生沉澱?

2. 電解鹵化物水溶液

- (1) 使用水彩畫調色盤(圖4-2),或在透明塑膠袋內放一張白紙,作為電解槽。
- (2) 以乾電池、電池帽扣連接鱷魚夾與電極構成一簡便電解裝置,如圖4-2。
- (3) 在電解盤上分別滴3滴KCl,1滴KBr、1滴KI水溶液。
- (4) 電解KCl溶液數秒,以滴管吸取,加於步驟3的KBr與KI水溶液上,看有何現象發生?在上述的KI水溶液上加1滴澱粉液,有何現象發生。
- (5) 同步驟4,電解KBr溶液,觀察有何現象發生?
- (6) 比較 Cl_2 、 Br_2 、 I_2 的性質?

說 明

1. 本實驗重點在於「比較」,因此各項條件應儘量相同,例如氯化鋰水溶液的量,滴加的試劑滴數等。
2. 同族元素的同類化合物性質類似而遞變,要注意雖為同族,但如同第2A族,稍有差異。
3. 生成沉澱的反應:



SrCl_2 , BaCl_2 亦有同樣反應

有關化合物的溶解度 (20°C) 如下：

MgCO_3 : 2.6

MgSO_4 : 25.2

CaCO_3 : 6.5×10^{-3}

CaSO_4 : 0.202 (18°C)

SrCO_3 : 109×10^{-5} (24°C)

SrSO_4 : 1.32×10^{-2}

BaCO_3 : 3.4×10^{-3} (30°C)

BaSO_4 : 2.4×10^{-4}

Li_2CO_3 : 1.31

Li_2SO_4 : 25.8

Na_2CO_3 : 18.0

Na_2SO_4 : 16.3

K_2CO_3 : 52.5

K_2SO_4 : 10.0

8. 蛋膜的滲透作用

目的

觀察蛋膜的滲透作用，進而討論在日常生活中，滲透作用所扮演的角色。

演示所需時間

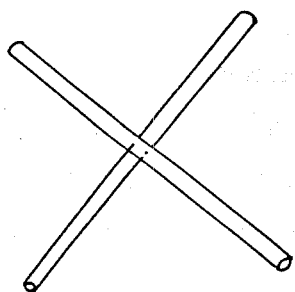
操作時間約 10 分鐘，觀察時間至少 30 分鐘，愈長愈佳。

器材

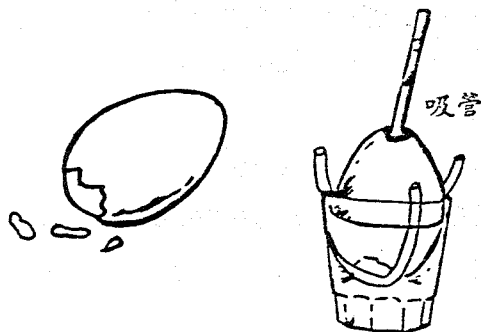
新鮮雞蛋	1 個	剪刀	1 支
吸飲料用吸管	8 支	瞬間膠或蠟燭	1 支
小玻璃杯〔註 1〕	1 個	膠帶	1 個
鉛筆刀	1 支	針或大頭針	1 支

步驟

1. 取吸管 1 支，在中央處剪一個小孔，穿進另一支吸管，構成一個十字架，如圖 8-1，供步驟 4 之用。
2. 取新鮮的雞蛋 1 個，觀察雞蛋的兩端，可以看出雞蛋的兩端並不完全相同。用較大的一端輕敲桌面，使蛋殼上有細小裂痕，再以指甲或刀片剝去蛋的外殼，小心不要弄破內膜〔註 2〕，直至約有一個一元硬幣大小的面積，如圖 8-2。
3. 在蛋的另一端，用大頭針插穿蛋殼（外殼與內膜），得一小孔，以此孔為起點，比鄰插穿數次圍成一個與吸管的外徑同大小的小圓圈，揭開蛋殼成一小洞，小心不要讓蛋白流出。



〔圖 8-1〕 吸管十字架



〔圖 8-2〕 雞蛋的滲透作用實驗裝置

4. 以吸管十字架的中心墊住雞蛋，小孔朝上，以十字架的四肢夾住雞蛋，將其安放於小玻璃杯的適當位置。
5. 取吸管一支，插入小洞（深度自選），以瞬間膠〔註3〕固定，小心手指不要碰到瞬間膠〔註4〕。將小隙縫密封，使不漏氣。
6. 在杯內加水，至蛋頂高度後靜置，每隔一段時間記錄吸管内液面高度。如果吸管1支不夠長，可接連數支，但注意不要讓其折倒下來（以膠帶吊住管頂）。
7. 管内液面不再上升時（可能要一、兩天），量好液面高後取出蛋，打破蛋殼，檢視蛋白，與新鮮的蛋比較，有何不同？

問題與討論

1. 蛋白為什麼會上升？

任何生物的皮質都是很細很薄的薄膜，細胞也有薄膜稱為細胞膜。細胞是動、植物最基本的結構單位。半透膜看起來似乎相當堅固，但用顯微鏡會看到半透膜是多孔的，也就是因為這些小孔，才能發生滲透作用。在這個蛋的實驗中，玻璃杯中的水分子通過蛋裏很薄的內皮，而將蛋白推上吸管中。實際上當水分子進入蛋膜的時候，也有若干蛋白分子進入玻璃杯的水中，但因為水分子由稀溶液進入較濃的蛋白溶液較快，以致在水中並沒有足夠的蛋白，所以玻璃杯內的水看起來是澄清的。

2. 在步驟2所剝去蛋的外殼的大小與蛋白升高的高度有什麼關係？

與蛋白升高的高度（蛋白不再上升，到達平衡時的高度）沒有關係，但與蛋白升高的速率有關。剝去的外殼愈大，升高的速率愈快。

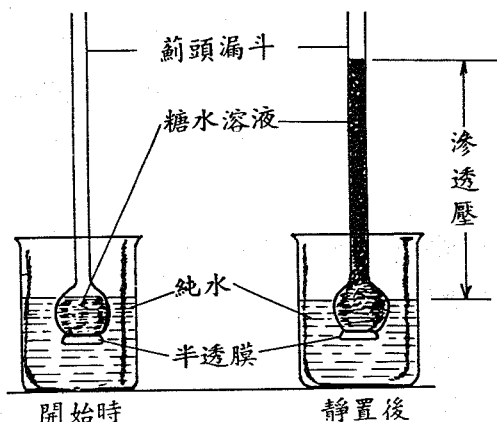
3. 何謂滲透壓？

溶劑由稀溶液透過半透膜而向較濃溶液移動的現象，稱為滲透作用。半透膜為一種

薄膜，可讓溶劑分子或其他較小的粒子通過，而某些溶質的分子或其他較大的粒子無法通過，例如動物的膀胱膜、羊皮紙、魚鰾、硝棉膠、蛋膜等。若將半透膜繫於薊頭漏斗之口上，倒入蔗糖之濃溶液後放在盛有清水的燒杯中，則清水可以透過半透膜進入蔗糖溶液，使溶液的液面逐漸升高，水柱的壓力亦隨之增大。當上昇至某一程度時，如圖8-3所示，漏斗的水柱壓力足以阻止溶劑通過半透膜，液面就不再上昇，滲透作用即達平衡，此時溶液所呈的壓力，稱為滲透壓。

4. 在日常生活中，那些現象與滲透作用有關？

在日常生活中，滲透作用扮演非常重要的角色。我們呼吸的空氣、吃的食物，以及我們身體中必須排出體外的廢物，都是以這種方式透過薄膜的。又如紅血球，在血漿中其滲透與0.85%食鹽水溶液的滲透壓相等，因而紅血球在0.85%食鹽水（稱為生理食鹽水）中不起任何變化。若將紅血球置於蒸餾水中，則由於滲透作用，紅血球逐漸脹大，結果細胞膜耐不住膨脹而破裂。植物的細胞壁由纖維素所形成。若將植物置於較高濃度的溶液中，細胞內的水反而向外滲透，造成植物的萎縮。因而少量的肥料可以促進植物生長，但若施給過量的肥料反而揠苗助長，導致植物枯萎。



〔圖 8-3〕 滲透作用實驗的一般裝置

注意事項

1. 觀察時間要長，可能要一、兩天，其間要補充水，使杯內液面保持一樣高，好作比較。在溫度較高的夏天，杯內的水可能混濁，若不是因為蛋膜破裂，就該換水。可用吸管吸出杯內的水，以清水沖洗數次後再加水至原來的液面高。

2. 註

(1) 玻璃杯不要太大，剛好裝一個雞蛋最好，不然雞蛋不易直立，為避免雞蛋膜碰到杯底，可用吸管兩支構成一個十字架架住，如圖8-2。

(2) 若弄破蛋的內膜，不要讓蛋白流出，還給媽媽供作食用，換一個蛋重來，或點一小滴瞬間膠修補。倘若已弄破好幾個蛋的內膜，不要灰心，這需要耐心和靈巧穩定的手，多練習幾次。

(3) 萬一不小心，手指與蛋殼黏住了，蠕動手指頭同時點一滴瞬間膠於相接處，不停蠕動手指即可脫離蛋殼。

(4) 若無瞬間膠，可用蠟燭代替。先將蠟燭點燃，當蠟燭開始溶化，小心地將蠟油滴於打算密封的部位，不要燒到吸管（可將雞蛋連吸管稍稍傾斜易於滴蠟油）。

參考資料

1. Virginia L. Mullin, "Chemistry For Children", p.53, Dover Publications, New York, 1968.
2. 雷敏宏等，「化學實驗」，下冊，第 113 頁，高立圖書有限公司，民國 73 年。
3. 蕭次融，「蛋的滲透作用」，科學研習，25(6), 12 (民國 75.10)。

9. 二氧化硫的性質

目 的

利用點燃火柴所得的二氧化硫，探討氧化還原反應。

演示所需時間

5 分鐘

器 材

玻璃茶杯	3 個	過錳酸鉀	0.1 毫克
火 柴	1 盒	鉻酸鉀	0.1 毫克
廣用試紙	數張	稀硫酸 (2M)	數 滴

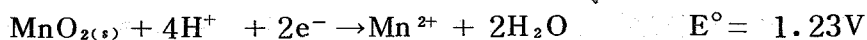
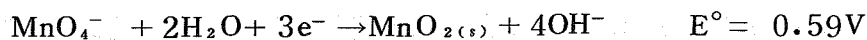
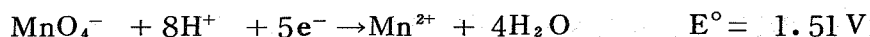
步 驟

1. 取過錳酸鉀粉末數粒於透明玻璃茶杯，加水溶解得淡紫紅色溶液。若溶液顏色過濃，應加水稀釋至透明紫紅色溶液，倒出多餘的溶液，只留溶液在杯底約兩公分高。
2. 另取空茶杯一個，以其杯底當做杯蓋，斜蓋在上述溶液（茶杯），如圖 1-1 (a) 所示。
3. 在杯口點燃 1 支火柴，一經點燃，迅速移至杯內，如圖 1-1 (b)。火柴頭燃燒的嘶殺聲過後即移出火柴棒，斜蓋住杯口後輕搖茶杯，如圖(c)，即見杯內溶液紫紅色漸褪至淡褐色，（本實驗的圖，參閱「實驗 1. 碘酒的色變（氧化還原）」）。
4. 同步驟 3，再點燃 1 支火柴，但讓其儘可能燃燒。移出熄火的花柴棒後，搖動茶杯至顏色完全褪至無色。

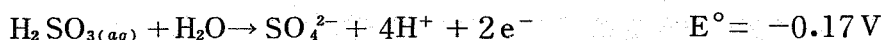
- 重複步驟 1 至 3，但在所得淡褐色溶液中，滴一滴稀硫酸後搖動茶杯，觀察有何變化？
- 重複步驟 1 至 3，但以鉻酸鉀替代過錳酸鉀，鉻酸鉀的淡黃色是否褪色？若加稀硫酸 1 滴，則溶液的顏色有何改變？為什麼？再點燃火柴置於茶杯內，搖動後有何改變？為什麼？
- 想一想，有什麼其他的物質，也可做與此類似的反應？

說明

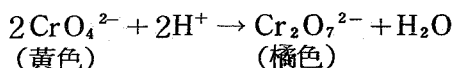
- 硫在空氣中燃燒產生二氧化硫，具有還原性，溶於水則成為亞硫酸，呈酸性。
- 過錳酸鉀與還原性物質反應時，分解而脫色，其半反應式依溶液的酸鹼性而不同，其各別的標準還原電位分列如下：



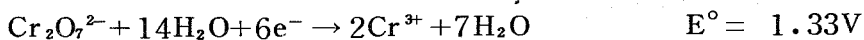
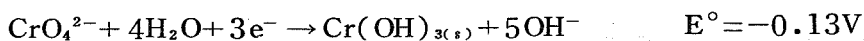
- 亞硫酸的標準氧化電位為



- 黃色的鉻酸離子溶液在酸性溶液立即轉為橘色的二鉻酸離子溶液



其標準還原電位分別為



- 在本實驗顏色改變的各種情形，可用電池反應的電動勢加以說明。
- 其他有色物質，例如碘酒、溴水等還原後為無色離子者，均會呈現與本實驗類似的反應。

10. 預測反應

目的

- 由教師的演示實驗以測試學生解決問題的科學方法，觀察學生如何利用已知的化學知識，綜合運用在解決其所遭遇到的問題。
- 指導學生經由化學實驗從事探究學習。

器 材

實驗器材箱

1 個

測試手冊

1 本

實施前給學生的注意事項

這是一項你可能未曾經驗過的活動。要使這項活動有趣而且有意義，希望你遵守下列約定：

1. 只有當你聽到教師的口令「翻開下一頁」之外，不可自行翻閱下一頁。
2. 翻開過的，不可再翻回來。
3. 注意看教師的示範實驗，同樣的實驗只做兩次。仔細觀察不可發問。
4. 注意看 OHP 片（銀幕）上的補充說明或問題。時間有限，必須簡要作答。
5. 想想如何設計簡便的實驗以支持你的論點？如何推理以得你的結論。

本項實驗的目的在於測試學生解決問題的能力，觀察學生如何利用其科技過程技能（Science process skills）以及化學知識，綜合運用在解決其所遭遇到的問題，經過嘗試錯誤的經驗，如何修正其想法與如何藉此經驗自行設計另一個新的實驗來探討並解決其問題。

這種實驗測試的方式曾經在臺灣省高工技藝競賽化驗工以及全國高中化學實驗能力競賽使用過。一般地說測試項目層次較高，學生不習慣自行設計實驗以探討問題，進而解決問題的測試，多數學生覺得相當困難，但深覺很有意義，甚富挑戰性，本實驗稍改實施方式，可做為探討式教學之參考。

測示所需時間

包括測試前的說明共 50 分鐘

教師應注意事項

1. 測試小冊子（附件一），分發前要確實注意學生不可自行翻閱小冊子。
2. 發小冊子後務必使全體學生完全了解小冊子第 2 頁所寫注意事項。
3. 同樣的實驗操作兩次，務必使全體學生能看清楚。
4. 每次翻閱前 10 秒鐘，應宣佈以便學生結束作答，準備翻頁。再度提示學生，儘量使用符號，書寫要簡潔，注意時限。
5. 測試小冊子第 5 頁所述「化學實驗箱」內容如附件二，可寫在 OHP 透明片上放映或寫在紙上分發，避免板書耽誤時間，且因反光部分學生不易一目了然全部板書。
6. 活動進行中，不要回答學生任何問題。

7. 發一張草稿紙，好讓學生書寫活動中需要留下來的資訊，因為不能翻回來參考寫在測試小冊子的回答。

8. 預測反應 $A + B \rightarrow ?$ 其中 A 是硫酸銅水溶液， B 是碘化鉀水溶液。可依此設計類似的實驗，但以反應中具有顏色的改變，沉澱之產生或消失等，或氣體之產生等肉眼即能辨認的變化為佳，若所演示的實驗能藉透影機 (OHP) 放大，效果更佳。

9. 以下假定採用硫酸銅與碘化鉀水溶液的反應，說明教師演示的部分。

演示步驟

1. 翻到第 4 頁，教師取試管一支（甲試管）放入硫酸銅溶液（0.1M）約 1mL，讓全體學生看其為淡藍色（不要說出），次加碘化鉀水溶液（0.1M）約 2mL，加後不要攪動，讓學生看其中變化。另取一支試管（乙試管），重做實驗一次，兩支試管靜置試管架，等學生書寫第 4 頁。

2. 翻到第 5 頁時，放映 OHP 片或分發講義（附件二），讓學生知道可運用的器材。

3. 翻到第 6 頁時，準備兩支試管。次取步驟(1)的甲試管，以吸管吸取上澄液於第 1 支試管（丙試管），再從丙試管吸取少許溶液滴於第 2 支試管（丁試管）。確實告訴學生丁試管的溶液是 C 液， C 液以水沖稀，顏色變淡，次加 D 溶液（即見溶液改變顏色，其色隨不同的 D 溶液而異）。告訴學生所加的 D 溶液是澱粉溶液。再從丙試管取 C 溶液，重做實驗一次。

4. 給學生充分的時間書寫，尤其第八頁，是作為評量學生在本項活動中的判斷與推理能力的依據。

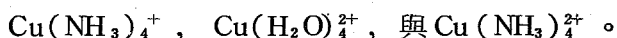
5. 收齊小冊子後，宜演示下列實驗，讓學生檢討其推理：

(1) 在甲試管的沉澱上加水數滴，攪動後靜置片刻，以吸管吸取上澄液。加氨水於沉澱，即見沉澱立即消失，溶液成為淡藍色。

(2) 另取試管兩支，各放硫酸銅水溶液約半毫升，在其中 1 支加氨水數滴，搖動均勻。

(3) 比較以上三支試管的顏色，問學生有何不同？為什麼？

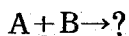
答：三支試管的溶液分別呈略帶綠色的淺藍色、藍色與深藍色，可能的離子為



6. 若能夠準備器材，將教師的演示實驗改為學生親自實驗，則本項活動更具教學與評量效果。若此，宜給學生充分時間，自由的自行設計實驗以探討問題，但仍應嚴格執行小冊子翻過頁後，不得翻回再書寫或任何修正，唯有如此，事後才能以小冊子上的回答作為評量學生的依據。

附件一

預 測 反 應



號 碼 _____ 姓 名 _____

這是一項你可能未曾經驗過的活動。要使這項活動有趣而且有意義，希望你遵守下列約定：

1. 只有當你聽到教師的口令「翻開下一頁」之外，不可自行翻閱下一頁。
2. 翻開過的，不可再翻回來。
3. 注意看教師的示範實驗，同樣的實驗只作兩次。仔細觀察不可發問。
4. 注意看 OHP 片（銀幕）上的補充說明或問題。時間有限，希簡要作答。
5. 想想如何設計簡便的實驗以支持你的論點？如何推理以得你的結論。

— 1 —

於 A 的水溶液中加入無色透明的水溶液 B 數滴，充分混合後，你想會有什麼現象發生？希簡要說明之、或以化學方程式表明之；你若認為不會有以「五官」便能覺察到的化學變化發生，希簡要說明之。

— 2 —

注意教師的示範實驗，將所觀察到的現象用文字簡要寫下來。

— 3 —

倘若你有一化學實驗箱，內有實驗器材如 OHP 上所示。試只利用實驗箱內的器材，設計簡易的實驗，以說明你在教師示範實驗所看到的現象。

— 4 —

在教師示範實驗所得的 C 液中加入 D 溶液數滴：你看到有何變化？

這表示 C 中含有甚麼？

爲甚麼？

— 5 —

你認爲 $A + B \rightarrow ?$ 屬於氧化還原反應嗎？若不是，爲甚麼？若是，那一個是還原劑？

— 6 —

完成 $A + B \rightarrow$ 的反應式，並簡要說明你如此書寫的原因？如何推理以得到你的結論？

— 7 —

附件二 化學實驗箱內器材

AgNO_3	KI	蒸餾水	試 管
CuSO_4	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	澱粉溶液	試管架
H_2SO_4	NaOH	酚酞	吸 管
K_2CrO_4	Na Cl		

以上均為 0.1 M 水溶液，但澱粉溶液為 0.1% (wt) 水溶液加熱至約 70°C 的透明液，酚酞為 0.1% (wt) 的酒精 (95%) 溶液。