

# 科玩DIY-化學魔術畫板

方金祥

國立高雄師範大學 化學系

## 目的

利用電解的原理，以鉛筆的筆芯為正極，電路板為負極，設計製作成一「化學魔術畫板(Chemical Magic Drawing Board)」。

將經碘化鉀溶液或加入酸鹼指示劑之硝酸鉀溶液濕潤過的濾紙置於電路板上，於電路接通後，用鉛筆的筆芯在濾紙上輕輕地寫字或畫出圖案，則會即刻出現神奇不同顏的色字跡或圖案來。

## 實驗器材與藥品

塑膠板 (25 x 25 cm)	1 片
碘化鉀溶液 (1M)	20 mL
電路板 (21 x 15 cm)	1 片
硝酸鉀溶液 (1M)	20 mL
鉛筆 (10 cm 長)	1 支
酚酞指示劑	20 mL
乾電池 (9V)	1 粒
塑膠噴霧瓶	6 個
廣用指示劑	10 mL
紫色地瓜葉汁	10 mL
濾紙 (直徑 185 mm)	數張
紅龍果皮汁	10 mL
電源開關	1 個
澱粉溶液	10 mL
小燈泡 (LED)	1 粒
單端子 (紅色、黑色)	各 1 粒

正負極轉換開關

1 個

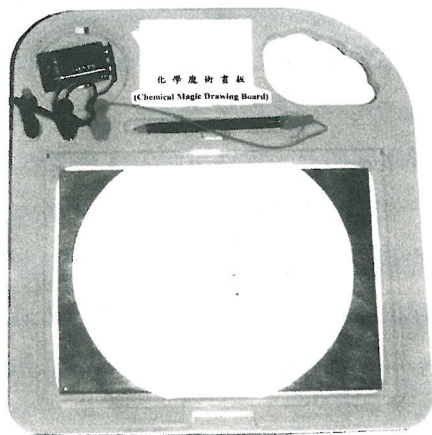
## 化學魔術畫板設計

1. 在一塊 25x25cm 的塑膠板左上方分別挖 5 個小孔，然後再分別將電源開關、正負極轉換開關、LED 小燈泡、紅色及黑色單端子等固定在這 5 個小孔中。
2. 將電路板以細砂紙磨去表面上的髒物或油污。然後在其左上角處挖一小孔，並用導線經由此一小孔與電源連接。
3. 用熱熔膠將此一電路板固定在塑膠板上。
4. 將一支鉛筆的兩端削一削，使鉛筆在其兩端的筆芯各露出 0.5 cm，並用導線將鉛筆末端的筆芯與紅色單端子連接，前端的筆芯（亦可在筆芯外面包一小片鋁箔）作為正極。
5. 準備一張濾紙 (Toyo No. 1，直徑 185 mm) 置放在電路板的上面，至此便完成「化學魔術畫板 (Chemical Magic Drawing Board)」，如相片一所示。

## 演示過程

1. 將一張濾紙置放在電路板的上面。
2. 在 5 支塑膠噴霧瓶中分別裝入(1)20mL 1M 的碘化鉀(KI)溶液，(2)20mL 1M 的碘化鉀(KI)溶液和 10mL 澱粉水溶液的混合溶液，(3)20mL 1M 硝酸鉀(KNO<sub>3</sub>)和 3-4 滴的酚酞

- 指示劑的混合溶液，(4)20mL 1M 硝酸鉀 (KNO<sub>3</sub>) 和 3-4 滴的廣用指示劑的混合溶液，(5)20mL 1M 硝酸鉀(KNO<sub>3</sub>) 和 3-4 滴的天然指示劑（紫色地瓜葉汁）的混合溶液，(6)20mL 1M 硝酸鉀(KNO<sub>3</sub>) 和 3-4 滴的天然指示劑（紅龍果皮汁）的混合溶液。
3. 然後利用裝有上述混合溶液的噴霧瓶分別噴向置於電路板上之濾紙，直至將濾紙濕潤為止。
  4. 接上 9 V 乾電池後打開電源開關，手持鉛筆（其導線接在正極）用筆芯在濾紙上輕輕地寫字或畫圖，如圖 1 所示。



相片一 化學魔術畫板

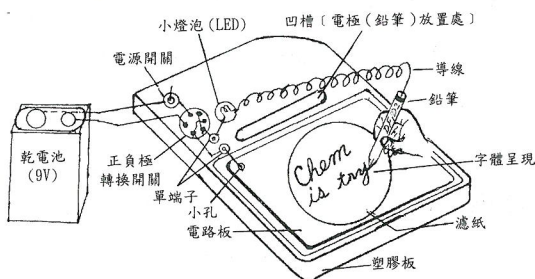


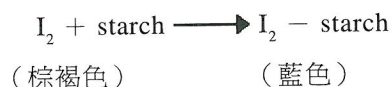
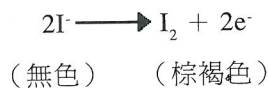
圖 1 化學魔術畫板演示

## 實驗結果

當手持鉛筆以筆芯為正極在濾紙上輕輕

地寫字或畫圖，則會迅速出現各種不同顏色的字跡或圖案來，呈現出來的顏色是隨著上述五種不同混合溶液之處理而有所差別，其結果如表一所列。以碘化鉀溶液處理的濾紙和以酸鹼指示劑處理之濾紙所呈現出來的顏色及原理稍有不同，其差異分述如下。

(1) 碘化鉀溶液處理：當濾紙以碘化鉀溶液處理時，濾紙下面的電路板是當負極，而鉛筆的筆芯是作為正極，當手持鉛筆的筆芯去接觸濾紙時，因濾紙上有碘化鉀溶液可以導電，使線路中的 LED 小燈泡發亮及碘化鉀溶液在正負兩極間發生電解反應，由於碘離子(I<sup>-</sup>)向筆芯的正極移動而被氧化成碘分子(I<sub>2</sub>)，濾紙上會即刻顯現出碘的棕褐色來，如果將鉛筆的筆芯改為負極時，則此一反應不會發生。若當濾紙以碘化鉀溶液和澱粉(starch)溶液來處理時，則出現的碘會馬上跟澱粉作用而呈現出藍色的字跡或圖案來，其反應式為：

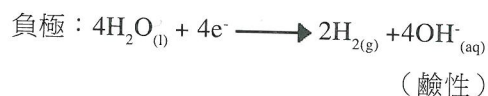
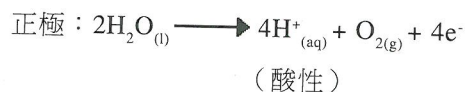


(2) 酸鹼指示劑處理：此一處理必須選擇一中性的電解質如硝酸鉀溶液來幫助導電為宜，此時若以鉛筆的筆芯作為正極，當手持鉛筆的筆芯去接觸濾紙時，因濾紙上有硝酸鉀溶液可以導電而發生如同水之電解反應，而在此電解過程中正負兩極之酸鹼性會有明顯的改變，正極呈現酸性，而負極呈現鹼性，因此酸鹼指示劑便會在正負極呈現出與原指示劑不同的顏色變化，不

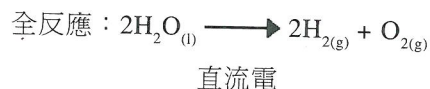


同的酸鹼指示劑在以鉛筆的筆芯作為正極時，所畫出的字跡或圖案的颜色也隨之改變，天然指示劑如紫色地瓜葉汁及紅龍果皮汁在不同酸鹼性溶液中的颜色變化如表二所列。如果將鉛筆的筆芯改為負極時，則此一反應仍然會發生，不過所呈現出來的颜色會由於正負極的轉換而互相轉變，但是正極呈現酸性，負極呈現鹼性則是不

變的道理。其反應式為：



電解



表一 化學魔術畫板上字跡或圖案的颜色變化

濾紙處理	筆芯作為正極	筆芯作為負極
	電路板作為負極	電路板作為正極
碘化鉀溶液	棕褐色字	無作用
碘化鉀／澱粉溶液	藍色字	無作用
酚酞／硝酸鉀溶液	粉紅色字	粉紅色底白色字
廣用指示劑／硝酸鉀溶液	藍底黃色字	黃底藍色字
紫色地瓜葉汁／硝酸鉀溶液	藍色底粉紅色字	粉紅色底藍色字
紅龍果皮汁／硝酸鉀溶液	褐綠色底粉紅色字	粉紅色底褐綠色字

註：筆芯作為正極時，電路板為負極。而當筆芯作為負極時，則電路板為正極。

表二 天然指示劑在不同酸鹼性的颜色變化

天然指示劑	酸鹼性的颜色變化								
	pH2	pH3	pH4	pH5	pH6	pH7	pH8	pH9	pH12
紫色地瓜葉汁	粉紅	粉紅	淡紅	淡紅	淡紅	粉紫	紫色	靛色	藍色
紅龍果皮汁	粉紅	粉紅	粉紅	粉紅	淡紅	淡紅	淡紅	褐綠色	褐綠色

## 化學魔術畫板的特點

1. 採用最便宜且最容易取得的鉛筆當作正極。
2. 以電路板（上面有一層薄薄的銅）作為負極，容易購買且便宜。
3. 鉛筆的筆芯為能導電的石墨成分，用鉛筆替代一般金屬棒，更能突顯出化學魔術畫板的神奇。
4. 材料取得與組裝容易，可經由DIY來完成，更能在任何場所來演示。
5. 化學魔術畫板為一相當安全有趣的化學實驗裝置，可視為安全的科學玩具，因此可應用於教學及課外之科學遊戲或科學園遊會之活動。

## 結論

化學魔術畫板之所以會呈現出奇特的字跡或圖案來，其原理主要是利用電解的過程使碘化鉀溶液在正負極處發生氧化還原作用，唯此一演示必須將鉛筆的筆芯作為正極才有作用。若在演示過程當中將化學魔術畫板上之正負極轉換開關切換一下，則鉛筆的筆芯會由原來的正極轉變為負極，而原為負極的電路板便會轉變成正極，此時以鉛筆在碘化鉀溶液處理的濾紙上寫字時便不會有反應發生，因碘化鉀溶液中之無色的碘離子無法在負極的筆芯下被氧化成碘分子，因此就無法寫出變色的字跡來。但是若改為酸鹼指示劑時，則必須加入硝酸鉀溶液為電解質，酸鹼指示劑遇到正負兩極於電解時起了明顯的酸鹼性變化，因而導致酸鹼指示劑的顏色隨之改變，此一現象在當鉛筆的筆芯會由原來的正極轉變為負極時亦會發生，唯其顏色

也會隨之改變。

化學魔術畫板之正極之所以選擇一般鉛筆，其理由有三：一為鉛筆最便宜又可輕易取得，二為鉛筆的筆芯為石墨成分能導電，三為用鉛筆寫字、畫圖較能顯現出化學魔術畫板的神奇。其實正極亦可採用眾所周知會導電的金屬棒如銅棒、鐵棒或鋁棒等，而置放在電路板上的濾紙亦可用一般書寫書法用的萱紙替代。

## 參考資料

1. 方金祥(民76) 電解中陰陽極酸鹼度之速測法。本刊第 103 期，51-57 頁。
2. 方金祥(民88) 微型電解裝置之設計究。化學，第 57 卷，第 3 期，225-236 頁。
3. 方金祥(民89) 微型化學實驗之設計與製作。高雄市，高雄復文圖書出版社(初版二刷)，1-300 頁。

請在右圖的○內填入 1~9 的數字，使得三個圓上的五個數字和都相等。

