

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

第二名

080204

察顏觀色有一套，酸鹼『光』看就知道

學校名稱：臺北市萬華區私立光仁國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳妍儒	陳佳宜
小六 楊子宜	楊基宏
小五 黃孝洲	
小五 郭育宏	
小五 卞郁菱	

關鍵詞：酸鹼值、色弱、太陽能板

察顏觀色有一套，酸鹼『光』看就知道

摘要

水溶液在廣用試劑檢驗下會呈現不同的顏色，根據顏色變化可判斷水溶液的酸鹼性質及強弱，但有時顏色相近不易比對，色盲或色弱的人甚至無法辨別色系。利用我們實驗出的廣用指示劑與待測溶液的比例檢驗，再配合自行研發的『光電池酸鹼計』，可將不同 pH 值水溶液所呈現的顏色予以量化，不僅可判別水溶液的色系來『快篩』水溶液的性質，亦可依水溶液顏色的深淺進而判斷其酸鹼性質的強弱。最後我們設計出【pH 值-顏色-電流值】對照表，讓我們所設計的『光電池酸鹼計』在使用時更加方便。

壹、 研究動機

上課時老師讓我們用試紙和試劑來檢驗水溶液的酸鹼性，不同pH值水溶液呈現的顏色會不同，再利用試紙和試劑所附的顏色對照表來判斷pH值，結果發現有些實驗出來的顏色很難和顏色對照表比對，相近的顏色肉眼也很難比較其差異，我們去請老師判別，老師也很難判斷出來，不僅如此，班上有位同學告訴老師他有色弱，對顏色無法判斷。綜合以上原因，我們決定研究如何將檢驗後水溶液的顏色量化，來幫助色弱同學及解決大家用肉眼判斷不夠精準的問題。

相關教學單元：奇妙的光(四上)、電路 DIY(四上)、水溶液的性質(五下)

貳、 研究目的

- 一、探討不同 pH 值的水溶液，利用試紙及廣用指示劑檢測顏色變化如何。
- 二、自製『光電池酸鹼計』，測量待測溶液與廣用指示劑反應後的顏色變化。
- 三、探討廣用指示劑滴入待測溶液的滴數對溶液顏色的變化。
- 四、探討廣用指示劑滴入待測溶液後，反應時間對溶液顏色的變化。
- 五、利用『光電池酸鹼計』，幫助色盲及色弱者判別溶液顏色，『快篩』溶液酸鹼性。
- 六、利用『光電池酸鹼計』，『檢測』溶液 pH 值。
- 七、利用『光電池酸鹼計』，測量未知溶液的 pH 值。
- 八、製作 pH=0~14 標準溶液 pH 值-顏色-電流值對照表。

參、文獻探討

一、視覺的產生：眼睛之所以能看見影像並辨識其顏色，是由於眼睛視網膜存在三種能分辨顏色的椎狀細胞及感受光線強弱之桿狀細胞(如圖 1)，這三種椎狀細胞分別能吸收不同波長範圍的光，分別是藍、綠、紅(即光的三原色)。

當先天性遺傳基因不正常導致椎狀細胞缺失/發育不全或後天性的疾病(如青光眼、白內障)或外傷感染(如視神經、腦部外傷)使椎狀細胞受到損傷時，就有可能造成色盲或色弱。

色盲依上述原因可分成先天性色盲及後天性色盲，依視覺缺陷的輕重又分許多不同類型：

(一) 紅綠色盲(red-green color blindness)：

視覺難以分辨紅綠色調。

- (a) 紅色盲(第一色盲)(protanopia)
- (b) 綠色盲(第二色盲)(deuteranopia)
- (c) 紅色弱(第一色弱)(protanomaly)
- (d) 綠色弱(第二色弱)(deuteranomaly)

(二) 藍黃色盲(blue-yellow color blindness)：

視覺難以分辨藍黃色調。

- (a) 藍色盲(第三色盲)(tritanopia)
- (b) 藍色弱(第三色弱)(tritanomaly)

(三) 全色盲(total color blindness)：

眼球中椎狀細胞完全缺少或無作用，只能靠桿狀細胞感受光線的強弱，視覺影像只有灰階的色階分佈，眼睛對亮度非常敏感。

(四) 全色弱：又稱紅綠藍黃色弱。其色覺障礙比全色盲程度要低，視力無任何異常。

先天色盲多為紅綠色盲，佔全球男性約 8%，女性約 0.5%，其中約 6%仍有三色視覺(單色色弱)，約 2%為二色視覺(單色色盲)，只有極少數為單色視覺(全色盲)。

色弱只是椎狀細胞有缺陷並非完全喪失，發生比率在男性為：綠色弱(5%)>紅色弱(1.3%)>藍色弱(0.0001%)，女性為：綠色弱(0.35%)>紅色弱(0.02%)>藍色弱(0.0001%)。

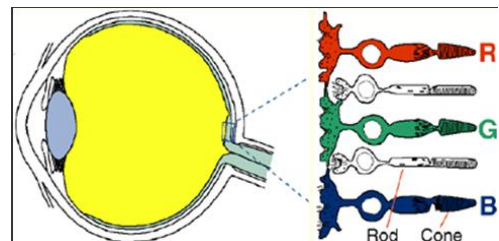


圖 1：椎狀細胞及桿狀細胞

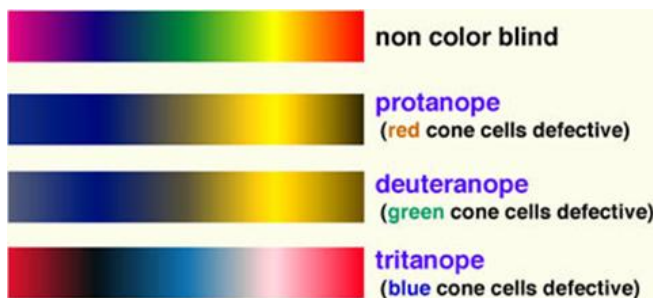


圖 2：色弱者眼中的顏色

- 第一條色條：正常人看到的
- 第二條色條：紅色色弱人看到的
- 第三條色條：綠色色弱人看到的
- 第四條色條：藍色色弱看到的

二、檢測酸、鹼溶液的方法：

(一)、酸鹼試紙：常見的有：紅色石蕊試紙、藍色石蕊試紙、廣用試紙。

(二)、天然或人工酸鹼指示劑：

酸鹼指示劑本身是一種弱的有機酸(HIn)或有機鹼(In)，在溶液中會部份解離，因此隨著溶液 pH 值改變，溶液的顏色亦隨之變化，不同的指示劑有不同的變色範圍及顏色。後來科學家利用不同濃度比例的多種指示劑混合(例如把甲基紅、酚酞、溴瑞香草酚藍、甲基異丙酚藍、麝香草酚酞、1-萘酚酞等五種試劑混合)，而形成現今廣為人使用的廣用指示劑。

表：常用指示劑及其變色範圍

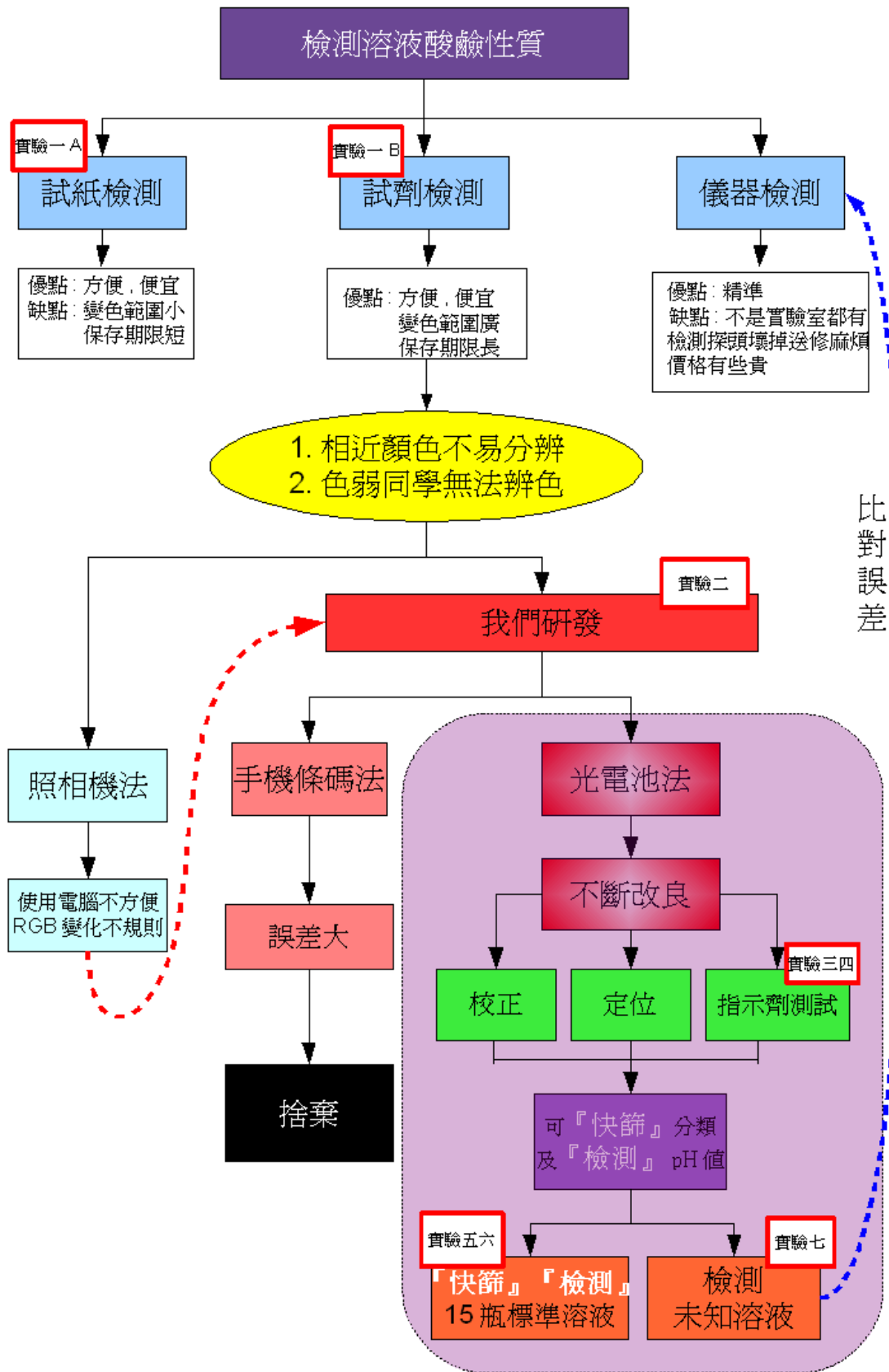
指示劑名稱	低pH值顏色	變色範圍	高pH值顏色
甲基紫(Methyl Violet)	黃色	0.0-1.6	藍紫色
孔雀綠(Malachite Green)	黃色	0.2-1.8	翠綠色
酸式甲基異丙酚藍(Thymol Blue)	紅色	1.2-2.8	黃色
甲基黃(Methyl Yellow)	紅色	2.9-4.0	黃色
溴酚藍(Bromphenol Blue)	黃色	3.0-4.6	紫色
剛果紅(Congo Red)	藍色	3.0-5.2	紅色
甲基橙(Methyl Orange)	紅色	3.1-4.4	黃色
溴甲酚綠(Bromocresol Green)	黃色	3.8-5.4	藍色
甲基紅(Methyl Red)	紅色	4.2-6.3	黃色
石蕊(Litmus)	紅色	4.5-8.3	藍色
溴甲酚紫(Bromocresol Purple)	黃色	5.2-6.8	紫色
溴百里藍(Bromthymol Blue)	黃色	6.0-7.6	藍色
酚紅(Phenol Red)	黃色	6.6-8.0	紅色
酸式甲基異丙酚藍(Thymol Blue)	黃色	8.0-9.6	藍色
酚酞(phenolphthalein)	無色	8.2-10.0	粉紅色
麝香草酚酞(thymolphthalein)	無色	9.4-10.6	藍色
茜素黃(Alizarin Yellow R)	黃色	10.1-12.0	橙紅色
靛胭脂(Indigo Carmine)	藍色	11.4-13.0	黃色

(三)、酸鹼度計(pH meter)：

它的原理是利用偵測未知溶液的[H⁺]電位與參考電極的電位差並將之轉換為 pH 值顯示在螢幕上，pH 計使用前一定要用校正液做校正動作以確保電極未損壞並且需配合溫度補償以減少誤差。

根據文獻中得知，**色盲或色弱者佔人口比例高達近 10%，這個數據讓我們很驚訝!**而實驗室裡，大多是利用試紙或指示劑與溶液反應後的顏色來判斷酸鹼性，雖然可以利用 pH 計來檢驗，但不是每個實驗室都有，且探頭很容易損壞，因此，**我們決定要研發一個可以分辨顏色的裝置，來幫助色盲及色弱同學。**

研究架構



察顏觀色有一套，酸鹼『光』看就知道~4~

肆、 研究設備及器材

三用電表、太陽能板、LED、木板、魔鬼沾、電腦、手機、pH 計。
廣用指示劑、廣用試紙、紅、藍石蕊試紙、鹽酸、氫氧化鈉、小蘇打粉、石灰、檸檬酸、
試管、試管架、滴管、燒杯、量杯、蒸餾水、手套、口罩。

伍、 研究過程及方法

實驗一 A：利用試紙檢測標準溶液（實驗時，我們都穿實驗衣及戴手套）

1. 將 pH計校正後，利用鹽酸及氫氧化鈉水溶液加水稀釋，調配出pH=0~14 共15瓶『標準溶液』。(強酸、鹼溶液由老師幫我們調配)
2. 分別用紅、藍石蕊試紙、廣用試紙檢測15瓶『標準溶液』並觀察其顏色變化。

實驗一 B：利用廣用試劑檢測標準溶液

1. 利用廣用指示劑檢測15瓶標準溶液並觀察顏色變化。



圖3：調配15瓶標準溶液



圖4：調配 15 瓶標準溶液



圖5：利用試紙檢測標準溶液

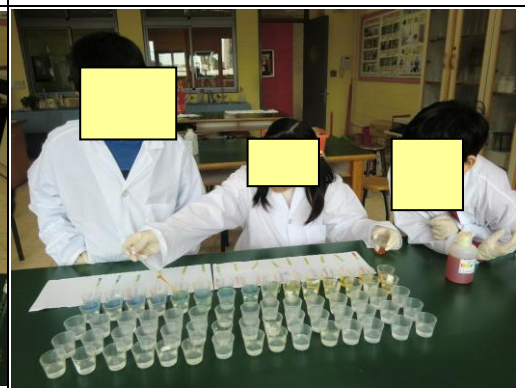


圖6：利用指示劑檢測標準溶液

實驗二：自製「光電池酸鹼計」

如何將溶液裡的顏色量化，且不使用眼睛判讀造成誤差，曾經看過有作品使用拍照的方法，將照片拍好後，存入電腦中，再利用影像編輯軟體，判讀其 R、G、B 值，但是我們覺得這個方法必需使用電腦，有其不便之處，且當相同色系深淺不同時，R、B、G 值都有變化，並不規律，很難判別。希望可以找出將顏色量化的方法，我們想到了條碼法。



1. 「手機條碼法」：

校外教學參觀花博時，很多植物簡介上都有一張很怪的圖片，問了老師才知道那是 QR code 二維條碼。老師說，現在很多手機都有這個功能，將手機對著這張照片，就會發出『嗶』的一聲，然後即可顯示資訊，就像便利商店掃瞄條碼一樣，就是這個聲音，讓我們想出了『條碼法』。

我們想，如果將裝有顏色深淺不同溶液的試管，放在條碼前面，溶液顏色太深手機就掃不到，顏色淺，手機可掃到，記錄手機可『嗶』到的最遠距離，不就可以測出溶液顏色深淺的差異了嗎？而這個方法不用使用電腦，隨手、方便。

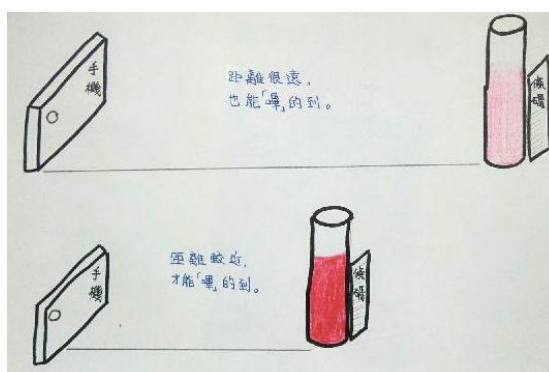


圖 8：條碼法示意圖

但是如何讓色弱者知道試管裡是什麼顏色的溶液，我們想了很久，最後我們製作不同顏色的條碼，有紅色條碼、綠色條碼、藍色條碼(如圖 12)。原理是紅色條碼前放置紅色溶液，手機無法掃瞄，若放置藍色或綠色溶液，條碼顏色會變深，即可掃瞄到。

QR code 的圖案是正方形，試管無法完全遮住，於是我們決定使用一維條碼，其原理一樣。



圖 9：一維條碼

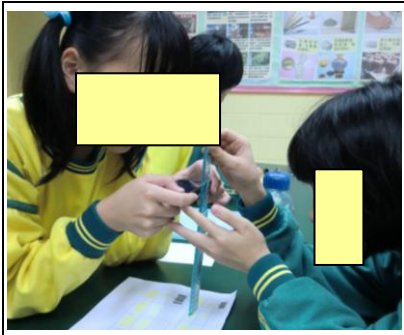


圖 10: 測試手機可掃描一維條碼的最遠距離

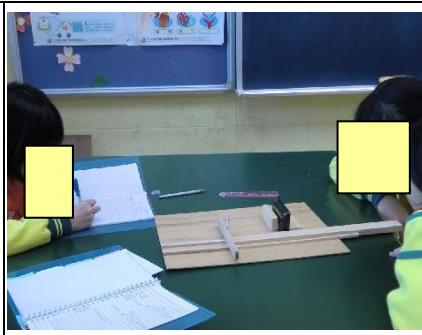


圖 11: 自製裝置測量，避免手晃動影響結果



圖 12: 自製多種條碼測試

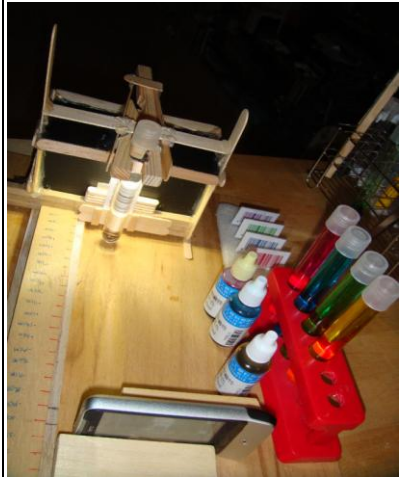


圖 13: 裝置改良，可放置試管

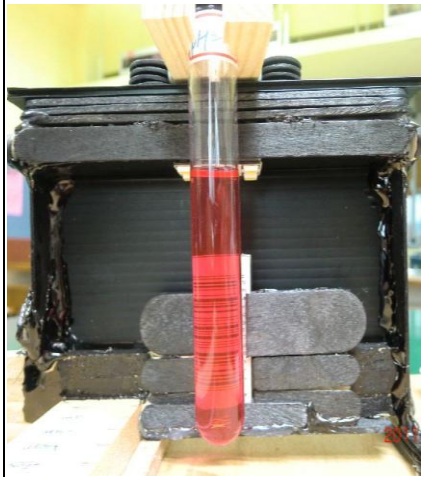


圖 14: 測試

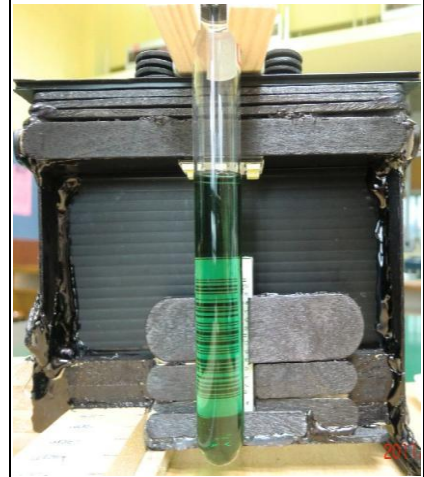


圖 15: 測試

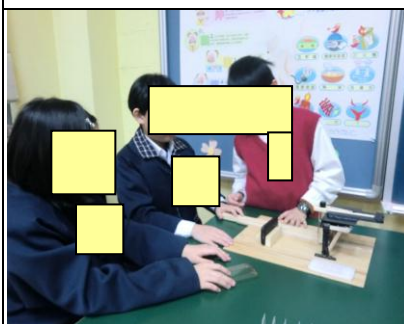


圖 16: 測試



圖 17: 手機『無法』掃讀到一維條碼的畫面



圖 18: 手機『可』掃讀到一維條碼的畫面

然而實際使用的結果，我們捨棄了這個方法，原因是：

1. 相同顏色深淺不同的水溶液，可掃描到的距離，結果差異不大。
2. 利用不同顏色條碼來分辨顏色種類，結果很難精準找到各色的代表條碼。

這個方法從一開始構思，動手做裝置到製作各色條碼，我們實驗了很久，最後失敗捨棄，我們都覺得好可惜，不過老師說，我們這個點子很好，這個方法或許未來可使用在解決別的問題上，要我們大家別氣餒，繼續努力。

2. 「光電池法」:

不氣餒，我們繼續思考，水的顏色越深眼睛就看不透，有什麼東西能幫我們衡量光線穿過多或少而不是用眼睛呢？後來我們想到太陽能板，太陽能板利用光來發電，光線的強弱會影響太陽能光電池產生的電力大小，光線越強，電力越大。所以，只要能找出測量電力大小的儀器，就能測量光線的強弱。於是我們跑去問老師，老師告訴我們有一種儀器叫「三用電表」，它能測量電壓的大小。

簡述研發過程：

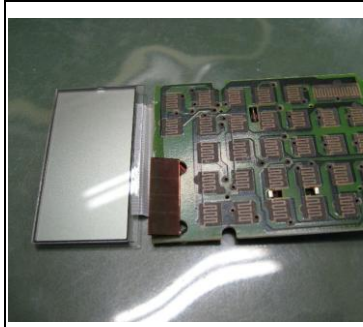


圖 19 計算機裡的太陽能板

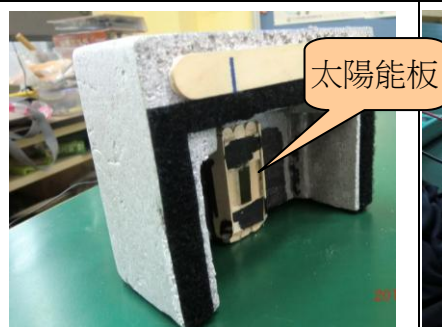


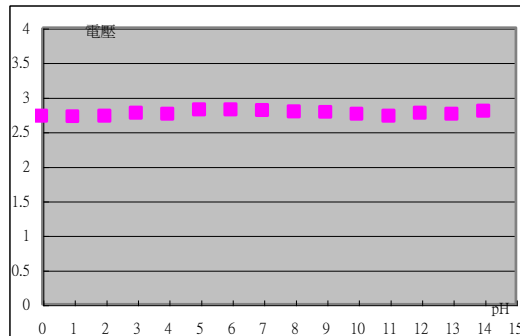
圖 20 廢棄保麗龍當外殼



圖 21 製作燈座

每次實驗結果，都有誤差，為了讓實驗誤差小，我們一直改良這個裝置，每個改良的地方都花了很多時間，改良過程如下：

問題一：量測 15 瓶標準溶液，結果電壓值很低且很相近(如下表)，無法比較差異。



解決方式：(1)光源水平照射：光源以水平方式照射，避免光源垂直照射時，試管溶液顏色具有明顯的『累加效果』，導致顏色很深，測出的數值很低。
(2)改以測量電流：太陽能板發電後，會產生電壓，應也會產生電流，我們想試看看測量電流大小，不過老師說測量電流需接一負載並以串聯的方式才能測量。

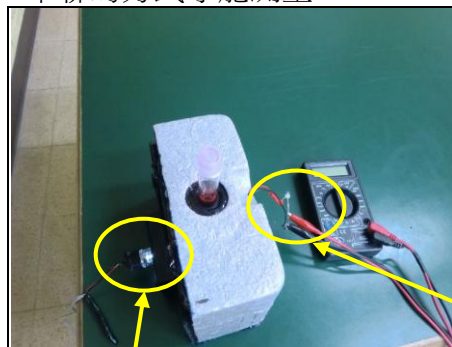


圖 22：光源水平照射

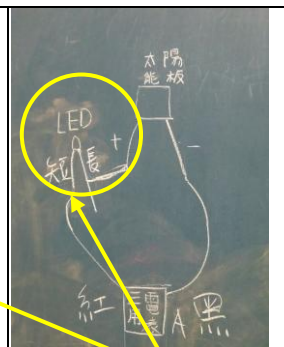


圖 23：接負載測電流

察顏觀色有一套，酸鹼『光』看就知道~8~

問題二：多次測量結果，15 瓶標準溶液的電流值有誤差。

解決方式：(1)操作前校正：每次測量時，三用電表需校正電流值為 35uA。

(2)試管定位：下方以試管蓋製作一底座，避免試管放入時位置偏移，讀取錯誤數值。

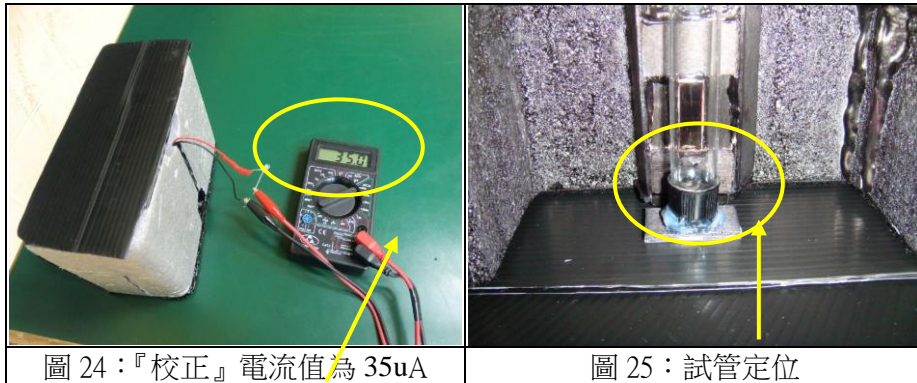


圖 24：『校正』電流值為 35uA

圖 25：試管定位

問題三：15 瓶標準溶液電流值有交集，無法直接以電流值判別溶液的 pH 值。

(這個問題困擾我們非常久)

解決方式：不同光源進行『快篩』：利用不同波長光源進行試管裡溶液顏色判讀，讓色盲及色弱者能知道溶液的顏色，就可以馬上知道溶液的酸鹼性，這是我們最驕傲的地方，我們將這個方法稱為『快篩』。色盲或色弱者可利用我們標示好的光源先進行『快篩』溶液性質。

原理：

白光由七個色光組成，經透明試管，所有色光都穿透過去，出現的是白光；而經紅色試管，只有紅光穿透，其餘色光無法穿透(如圖 26 所示)。故當紅色試管以紅、綠、藍光照射時，紅光能穿透，故紅光所產生的電流值大。同理，綠色試管時，以綠光照射所產生的電流值大，藍色試管則是以藍光照射所產生的電流值大(如圖 27 所示)。

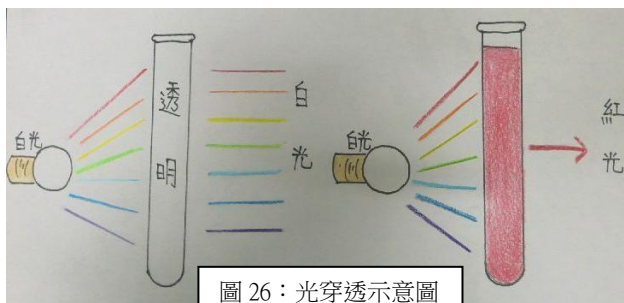


圖 26：光穿透示意圖

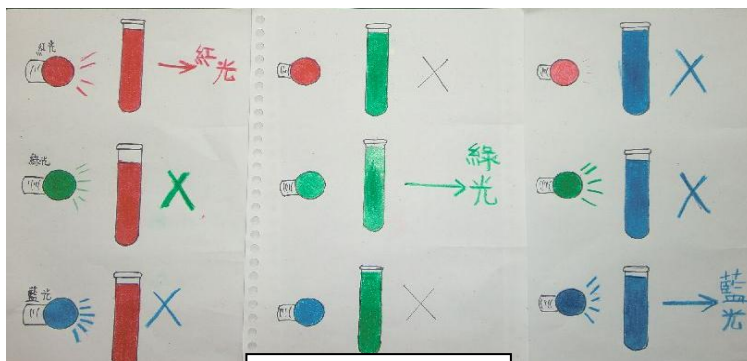


圖 27：光穿透示意圖



圖 28：不同光源

察顏觀色有一套，酸鹼『光』看就知道~9~

■ 『光電池酸鹼計』設計上的特點！

選用不同色光源，可以進行『快篩』溶液性質。



燈泡可以拆換，如果燈泡壞了，可以馬上更換。

圖 29

定位設計，試管及外罩定位，儀器精準化。

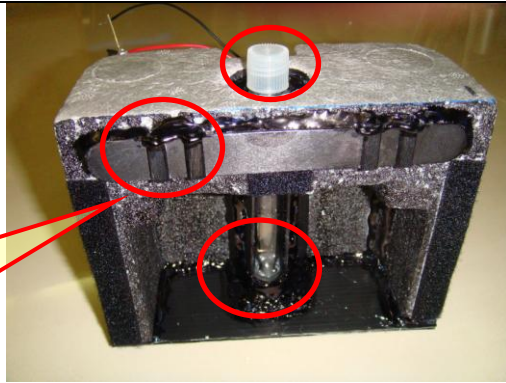


圖 30

不漏光設計，內部塗黑、黑布及外罩，避免外在光源影響實驗結果。

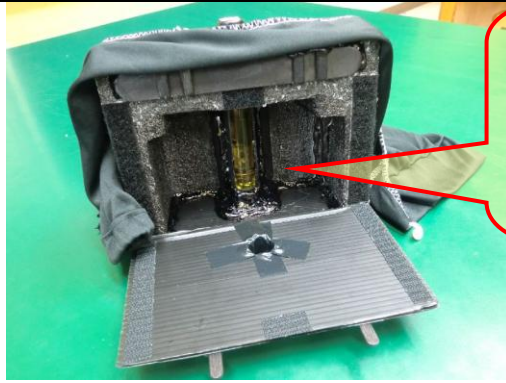
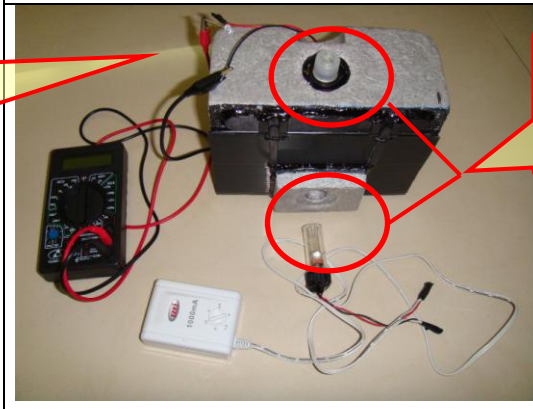


圖 31

鱷魚夾設計，連接Led及三用電表更方便。



試管、光源可自由放入與取出。

圖 32

實驗三：廣用指示劑的滴數對溶液顏色變化的影響

步驟：

1. 分別從 15 瓶標準溶液中各取 10c.c 置入試管中，分別滴入 1、5、10、15 滴廣用指示劑。
2. 觀察試管顏色變化。

實驗四：廣用指示劑滴入溶液，反應時間與電流值的關係

步驟：

1. 分別從 15 瓶標準溶液中各取 10c.c 置入試管中，再滴入 10 滴廣用指示劑。
2. 以『白光』照射，分別於 10 秒、1、2、3...10 分、20 分、30 分、40 分時，記錄『光電池酸鹼計』電流值。

實驗五：利用『光電池酸鹼計』『快篩』15 瓶標準溶液的酸鹼值。

步驟：

1. 分別從 15 瓶標準溶液中各取 10c.c 置入試管中，再滴入 10 滴廣用指示劑。
2. 以『紅光』、『綠光』、『藍光』照射，記錄『光電池酸鹼計』電流值並比較之。

實驗六：利用『光電池酸鹼計』『檢測』15 瓶標準溶液的電流值。

步驟：

1. 分別從 15 瓶標準溶液中各取 10c.c 置入試管中，再滴入 10 滴廣用指示劑。
2. 以『白光』照射，記錄『光電池酸鹼計』電流值。

實驗七：利用『光電池酸鹼計』判別三瓶溶液的酸鹼值並與 pH 計比較誤差。

步驟：

1. 調配檸檬酸、石灰水、小蘇打水 3 杯溶液。
2. 分別取 10c.c 置入試管中，再滴入 10 滴廣用指示劑。
3. 利用『光電池酸鹼計』、『快篩』溶液性質，再『檢測』其 pH 值。
4. 利用 pH 計測量三瓶溶液的 pH 值，比較誤差。



圖 33：待測溶液

察顏觀色有一套，酸鹼『光』看就知道~11~

陸、 研究結果

實驗一 A：利用試紙檢測 15 瓶標準溶液：

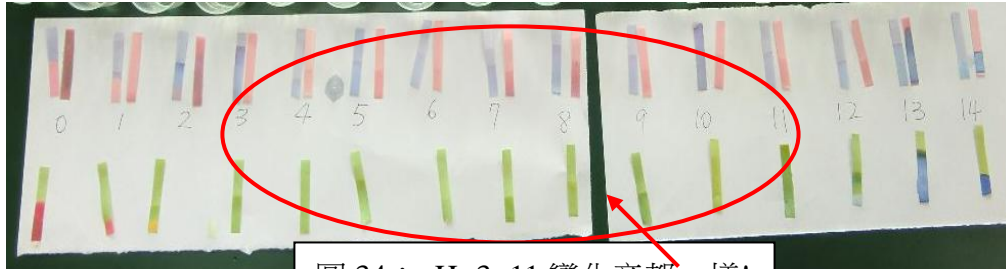
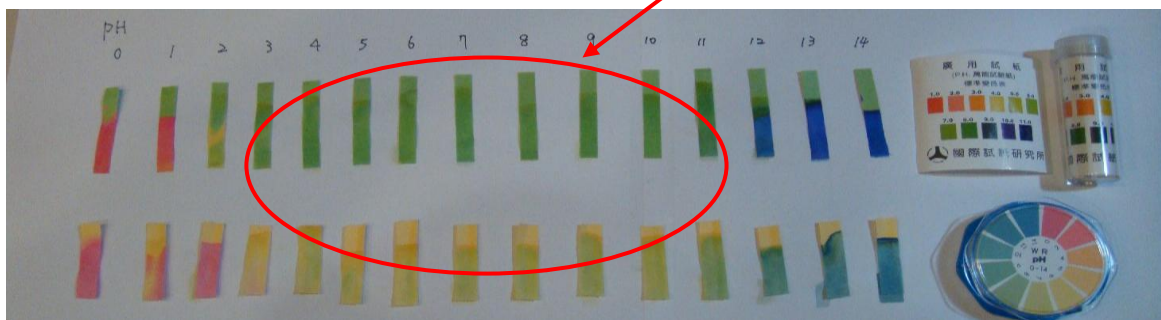


圖 34：pH=3~11 變化竟都一樣！



發現：

1. 紅、藍石蕊試紙竟只能檢測 pH=0~2 為酸性及 pH=12~14 為鹼性，pH=3~11 則檢測為中性。
2. 三種不同牌子的廣用試紙，pH=0~2 有顏色變化大約是紅色，pH=12~14 變藍色，pH=3~11 顏色相似和原本試紙顏色一樣。

原來試紙檢測十分不準，因此我們決定使用廣用指示劑來繼續實驗。

察顏觀色有一套，酸鹼『光』看就知道~12~

實驗一 B：利用 6 種廣用指示劑檢測 15 瓶標準溶液



圖 35：左至右為 1~6 號廣用指示劑

圖 36~37：由左至右 pH=0,1,2,3.....13,14

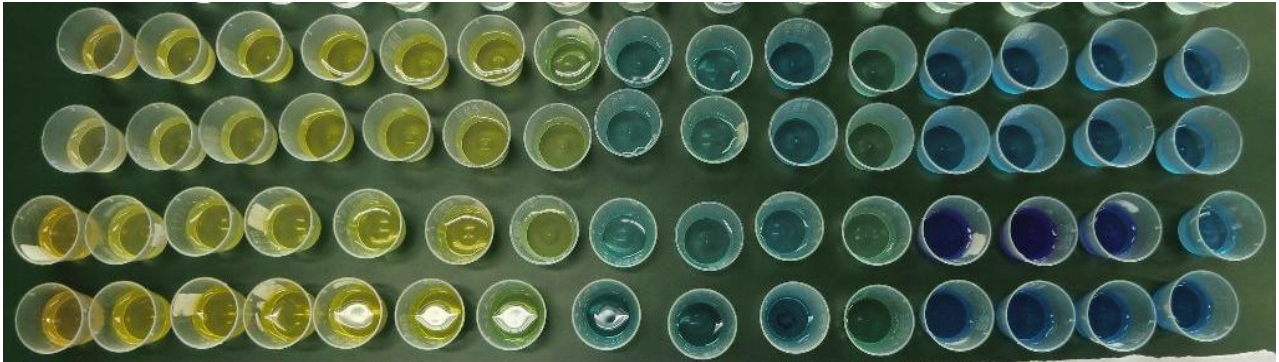


圖 36：1~4 號廣用指示劑滴入標準溶液之顏色變化

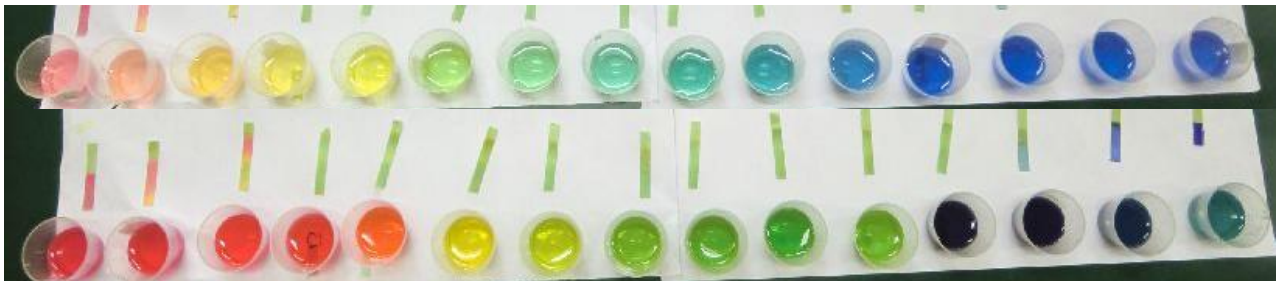


圖 37：5~6 號廣用指示劑滴入標準溶液之顏色變化

發現：

1. 原本使用一種廣用指示劑來測量，結果發現 pH=0~6 都是黃色，和瓶子外壁的變色圖片不相符，和還以為指示劑被污染了或是標準溶液不準確了，我們一直重覆很多次實驗。最後我們又找了一些廣用指示劑來測試，才知道指示劑並沒有污染，市面上的指示劑種類很多，每種的變色範圍不一樣。
2. 最後我們找到二瓶指示劑，這兩瓶我們才認同它叫『廣用』指示劑，它比起所有試紙及之前 4 瓶指示劑變色明確。
3. 最後我們試驗很久，以 5、6 號廣用指示劑依 10:2 的比例滴入標準溶液，可達到我們實驗想要的最佳變色效果。15 瓶標準溶液變色如下，之後的實驗就是應用此變色情形來進行。

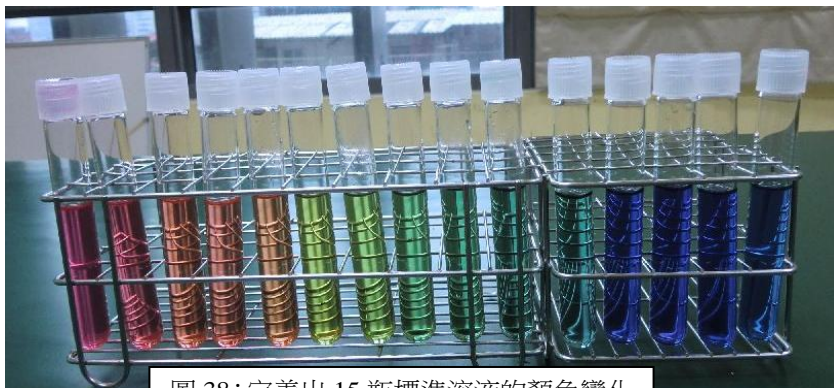


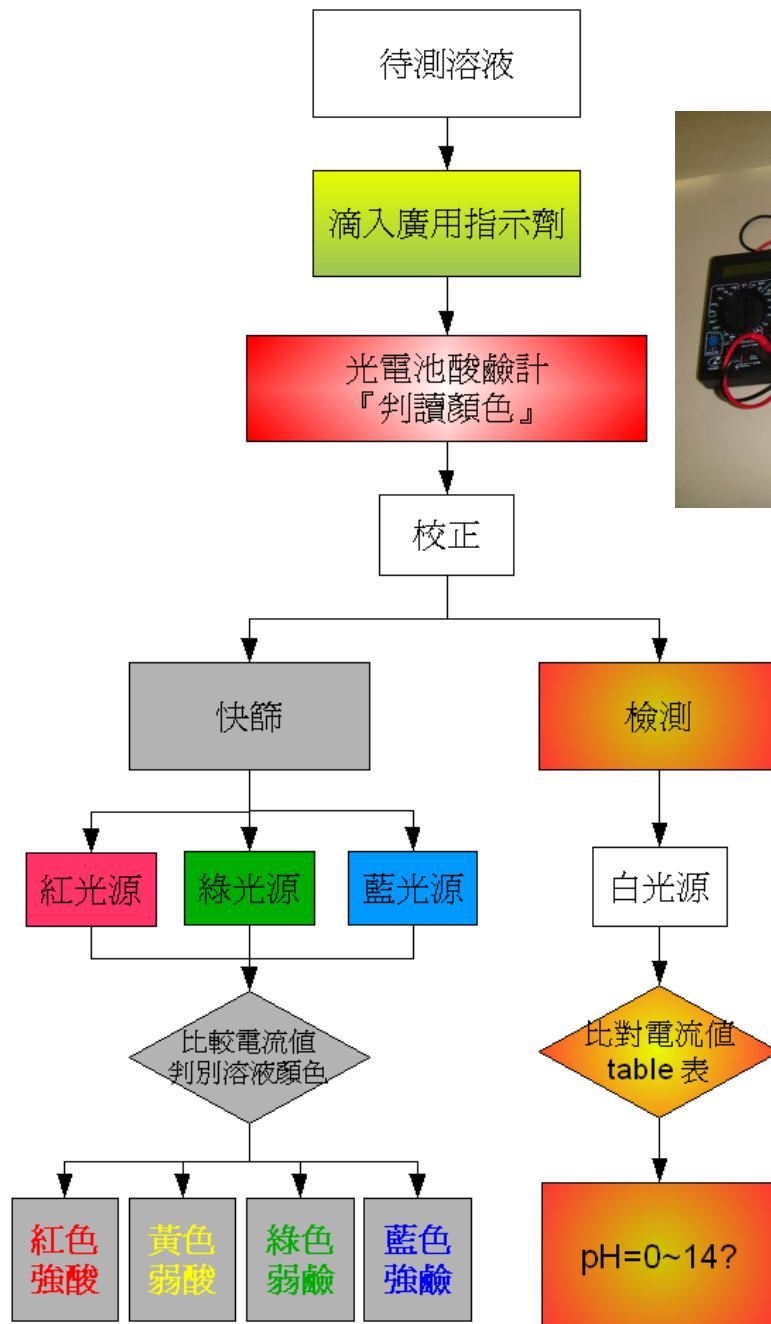
圖 38：定義出 15 瓶標準溶液的顏色變化

察顏觀色有一套，酸鹼『光』看就知道~13~

實驗二：自製「光電池酸鹼計」

將待測溶液滴入廣用指示劑，再利用「光電池酸鹼計」判別 pH 值之步驟如下：

1. 『快篩』：光源校正(10uA)。色盲及色弱者分別選取已標示好的紅、綠、藍色光源，放入待測溶液，判讀最大電流值為何光源，即為溶液顏色，即可知道溶液的酸鹼性。
2. 『檢測』：光源校正(35uA)。已判別溶液性質後，選取白光，放入待測溶液，紀錄電流值，即可判別其 pH 值。



實驗三：滴入廣用指示劑的滴數對溶液顏色變化的影響



圖 40：加入 1 滴指示劑



圖 41：加入 5 滴指示劑



圖 42：加入 10 滴指示劑



圖 43：加入 15 滴指示劑

發現：

1. 廣用指示劑滴入溶液的滴數，會影響溶液顏色變化，滴數越多，顏色越深。
2. 為配合光電池酸鹼計測量電流值，我們決定待測溶液加入 10 滴廣用指示劑(已配好 10:2 比例)，太少，溶液顏色深淺差異不大；太多，則浪費指示劑用量。

實驗四：廣用指示劑滴入溶液，反應時間與電流值的關係

電流值 pH 值	10 秒	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分	6 分	7 分	8 分	9 分	10 分	20 分	30 分	40 分
0	23.3	23	23	23.1	23.1	23	23	23.1	23	23	23	22.8	22.7	22.8
1	24.2	24.1	24	24.1	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24	23.9	23.8
2	26.2	26.3	26.2	26.3	26.3	26.3	26.3	26.2	26.3	26.3	26.3	26.3	26.4	26.3
3	27.1	27	27	27	27	27	27	27.1	27	27	27.1	27	27	27
4	27.8	27.9	27.9	27.9	27.8	27.9	27.9	28	28	28	27.9	28	28	28
5	32.6	32.8	32.6	32.6	32.6	32.6	32.7	32.7	32.7	32.6	32.7	32.8	32.8	32.8
6	32.2	32.3	32.2	32.4	32.2	32.2	32.3	32.3	32.3	32.2	32.3	32.4	32.5	32.4
7	28.1	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.4	28.4	28.4
8	25.5	25.5	25.5	25.4	25.4	25.4	25.4	25.5	25.5	25.4	25.4	25.4	25.5	25.5
9	21.8	21.6	21.6	21.5	21.5	21.5	21.6	21.5	21.5	21.6	21.5	21.5	21.5	21.5
10	20.5	20.6	20.5	20.6	20.6	20.5	20.6	20.5	20.6	20.6	20.6	20.5	20.6	20.6
11	14.4	14.5	14.5	14.6	14.6	14.7	14.6	14.7	14.7	14.7	14.8	14.8	14.8	14.8
12	14.2	14.1	14	14	14	14	14	14.1	14	14	14	14	14	14.1
13	12.7	12.8	12.9	12.9	13.0	13.1	13.1	13.2	13.3	13.3	13.4	13.6	13.8	14
14	18.5	18.8	19.1	19.5	19.7	20.1	20.3	20.5	20.6	20.7	20.7	20.9	21	21.2

發現：

1. 將滴入廣用指示劑的溶液放入光電池酸鹼計測量時，一開始的數據會跳動，大約至 1 分鐘後穩定。
2. pH=14 數據一直有變化，時間越久電流值越大，顏色越淡。
3. 時間越久，pH=0 顏色逐漸變深及 pH=13 及 14 逐漸變淺，三者較不穩定，猜想是否是超出指示劑可檢驗範圍。
4. 最後我們決定測量廣用指示劑滴入溶液 2 分鐘後的電流值，一方面讓溶液成色更穩定，一方面也可讓色盲色弱者先進行快篩步驟。

實驗五：利用『光電池酸鹼計』『快篩』15瓶標準溶液的酸鹼性。

pH	溶液顏色	紅光	綠光	藍光
0	紅色	14.5	1.8	3.8
1		14.7	2.2	3.2
2		14.6	4	2.7
3		14.3	4.1	3.1
4		13.9	5.2	3.1
5	黃色	11.2	10.1	3.5
6		10.1	10.4	3.8
7	綠色	7.2	9.4	4.3
8		5.9	8.6	4.5
9		4.4	7.7	4.5
10		4.1	7	4.9
11	藍色	2.8	2.3	5.8
12		2.7	2	5.6
13		2.5	2.5	6
14		5.2	4.7	8

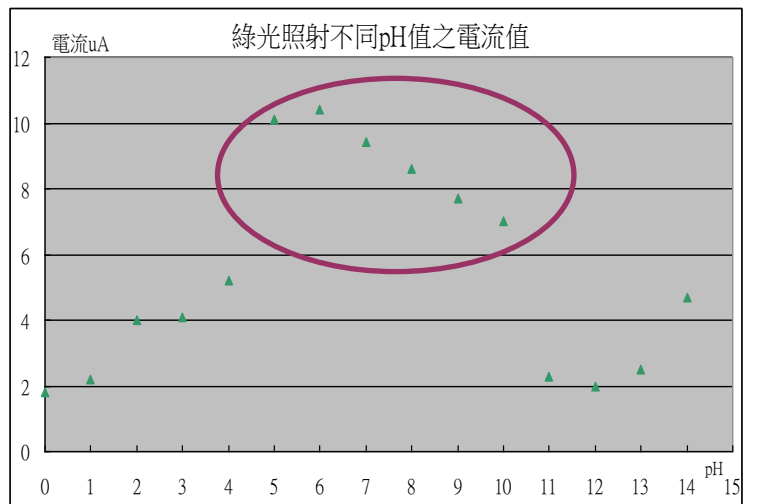
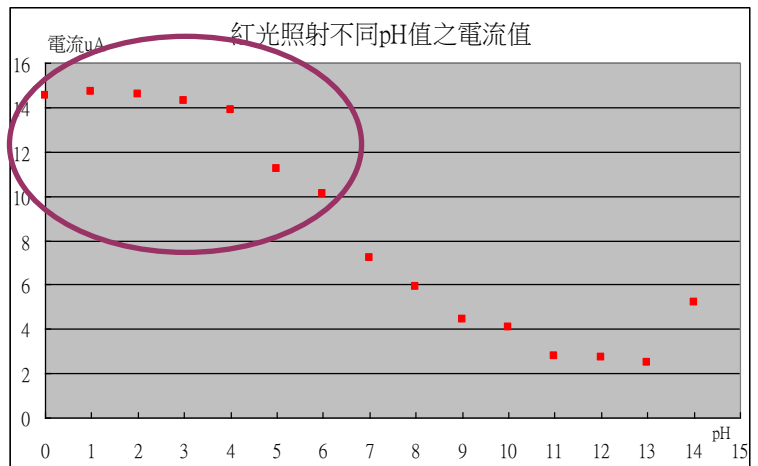
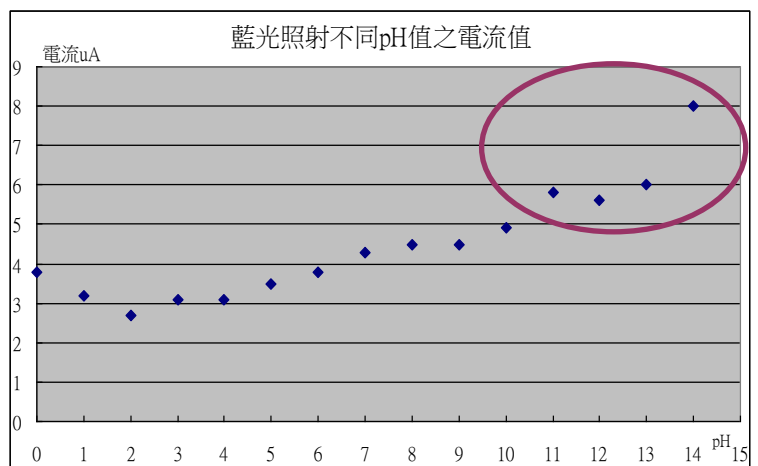
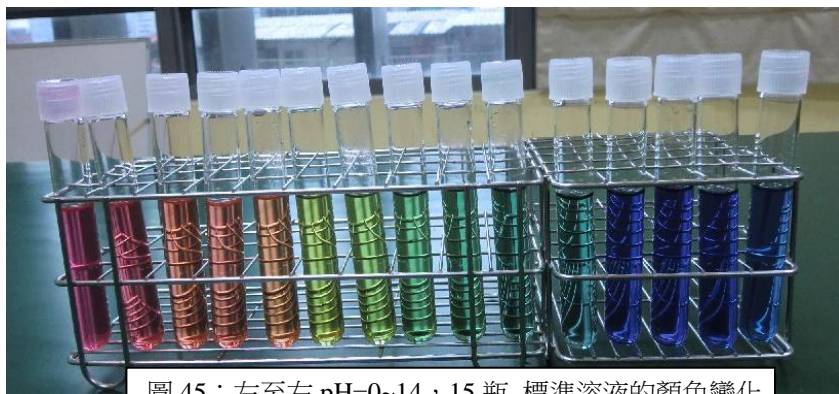
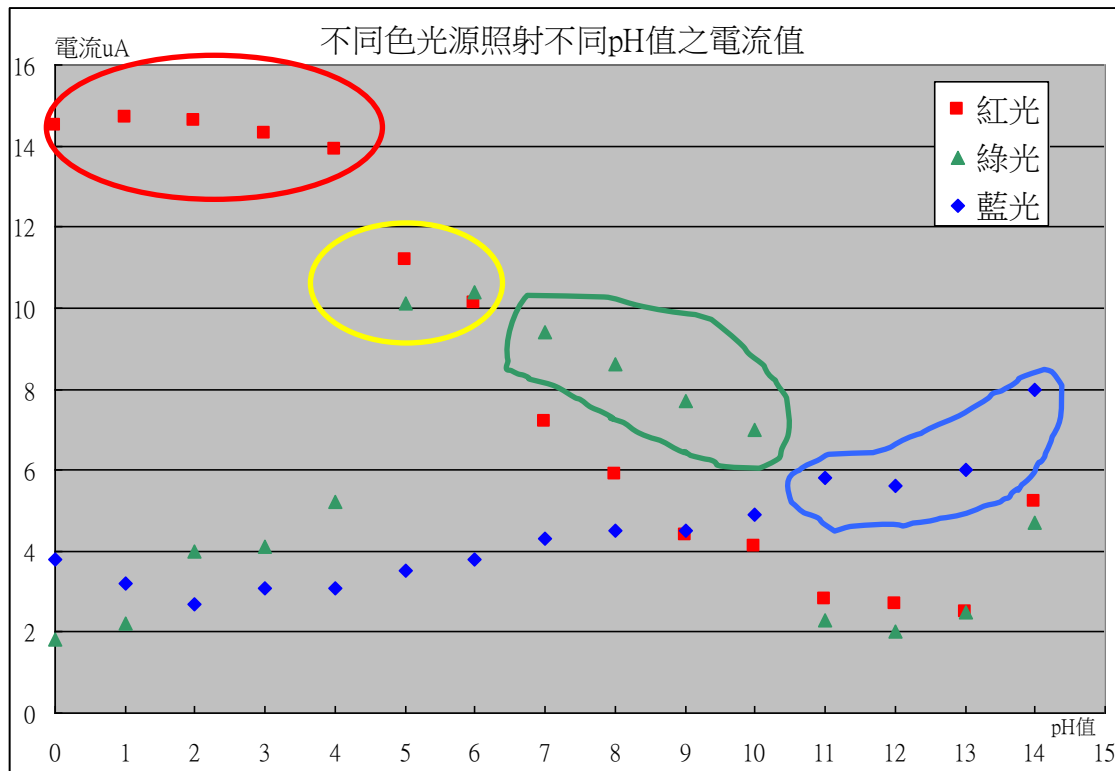


圖 44：左至右 pH=0~14
15 瓶標準溶液的顏色變化



察顏觀色有一套，酸鹼『光』看就知道~17~



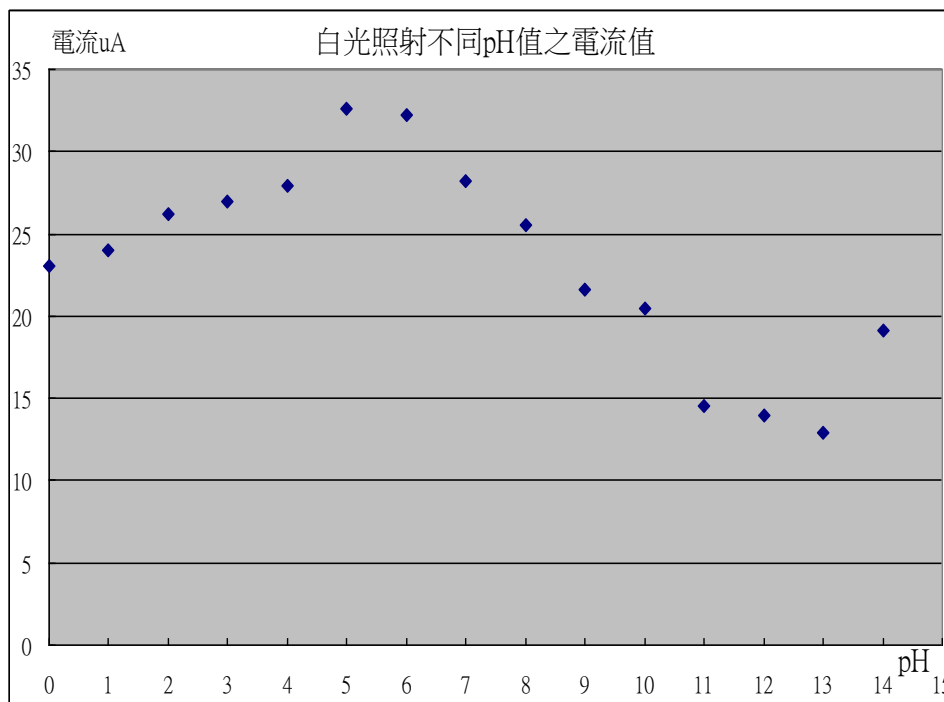
從上表可發現，

1. 『紅』色溶液的電流值：『紅』光 > 綠、藍光照射 → 強酸。
2. 『黃』色溶液的電流值：『紅、綠』光 > 藍光照射 → 弱酸。
3. 『綠』色溶液的電流值：『綠』光 > 紅、藍光照射 → 弱鹼。
4. 『藍』色溶液的電流值：『藍』光 > 紅、綠光照射 → 強鹼。

利用以標示好的色光讓色盲色弱者來使用測量，比較電流值大小，就可以知道試管裡的顏色，這樣的步驟我們稱之為『快篩』。

實驗六：利用『光電池酸鹼計』『檢測』15瓶標準溶液的酸鹼值。

電流值 pH 值	白光
0	23
1	24
2	26.2
3	27
4	27.9
5	32.6
6	32.2
7	28.2
8	25.5
9	21.6
10	20.5
11	14.5
12	14
13	12.9
14	19.1



發現：

1. 強酸溶液：pH=0~4，pH 值越大，酸性越弱，電流值越大。
2. 弱酸溶液：pH=5~6，pH 值越大，酸性越弱，電流值越小。
3. 弱鹼溶液：pH=7~10，pH 值越大，鹼性越強，電流值越小。
4. 強鹼溶液：pH=11~13，pH 值越大，鹼性越強，電流值越小。
5. pH=14 強鹼溶液是藍色系中電流值最大。

整合實驗三、四、五、六結果，我們設計出【pH 值-顏色-電流值】對照表，利用『光電池酸鹼計』測量電流值，再比對下表，即可知道溶液的 pH 值。

pH 值	0 1 2 3 4	5 6	7 8 9 10	11 12 13	14
顏色	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="background-color: red; color: white; padding: 5px;">強酸 (紅色)</div> <div style="background-color: yellow; color: black; padding: 5px;">弱酸 (黃色)</div> <div style="background-color: green; color: white; padding: 5px;">弱鹼 (綠色)</div> <div style="background-color: blue; color: white; padding: 5px;">強鹼 (藍)</div> <div style="background-color: blue; color: white; padding: 5px;">強鹼 (藍色)</div> </div>				
電流值	23 24 26.2 27 27.9 小-->大	32.6 32.2 大-->小	28.2 25.5 21.6 20.5 大-->小	14.5 14 12.9 大-->小	19.1

圖 46：【pH 值-顏色-電流值】對照表

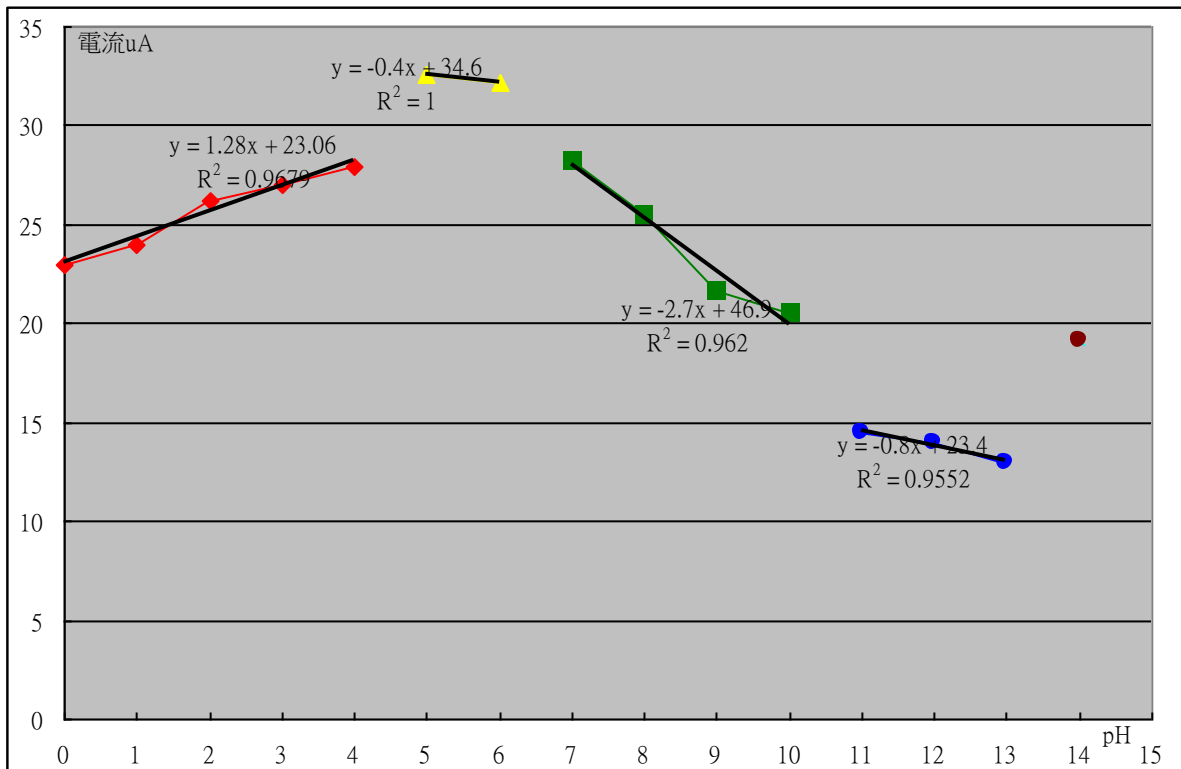
察顏觀色有一套，酸鹼『光』看就知道~19~

實驗七：利用『光電池酸鹼計』判別三瓶未知溶液的酸鹼值。

電流值 溶液	紅光	綠光	藍光	白光
檸檬酸水	14.6	4	2.8	26.5
小蘇打水	4.2	7.6	4.6	21.3
石灰水	2.5	2	6	13.5

溶液	『快篩』結果	『檢測』結果
檸檬酸水	強酸 (紅色)	pH=2-3
小蘇打水	弱鹼 (綠色)	pH=9-10
石灰水	強鹼 (藍色)	pH=12-13

我們想試看看能不能知道更精準的 pH 值，老師說 Excel 裡有個功能可以畫趨勢線，它能分別為強酸、弱酸、弱鹼、強鹼提供公式，其中 y 代表電流值，x 代表 pH 值。



將檸檬酸水的電流值 $y=26.5$ 代入 $y = 1.28x + 23.06$ 可得到 $x=2.6875 \approx 2.7$

將小蘇打水的電流值 $y=21.3$ 代入 $y = -2.7x + 46.9$ 可得到 $x=9.4815 \approx 9.5$

將石灰水的電流值 $y=13.5$ 代入 $y = -0.8x + 23.4$ 可得到 $x=12.375 \approx 12.4$

最後我們利用 pH 計檢測並與各方法結果比較之，如下表：

溶液	光電池酸鹼計 快篩	光電池酸鹼計 檢測	光電池酸鹼計 趨勢線預測	pH 計
檸檬酸水	強酸 (紅色)	pH=2-3	2.7	2.3
小蘇打水	弱鹼 (綠色)	pH=9-10	9.5	9.1
石灰水	強鹼 (藍色)	pH=12-13	12.4	12.7

察顏觀色有一套，酸鹼『光』看就知道~20~

柒、討論

一、太陽能光電池是一種利用太陽光直接發電的光電半導體薄片，它祇要一照到光，瞬間就可輸出電壓及電流。

1. 單一白色光源：我們就是利用太陽能電池需要光來輸出電流的原理，當實驗反應後試管裡的溶液顏色較深時，照射到太陽能光電池的光源就相對變小，輸出的電流值也就較小，反之，則較大。
2. 不同色光光源：利用色光穿透原理，紅光可穿透紅色溶液，不能穿透其它有色溶液，故太陽能板上的電流值較大，即可判斷出溶液顏色。

而在實驗五中，紅色溶液試管經綠光及藍光照射後，仍然可量測到電流值，故我們認為，光是否能經障礙物穿透過去，除了和障礙物本身顏色有關，其透光度也有影響，所以當我們用綠光及藍光照射紅色溶液試管時，亦會量測到電流值，但數值不大。也因如此，當 pH=5,6 溶液顏色為淡黃綠色，利用紅光及綠光照射後，電流值相近且大於藍光照射。

二、LED 相對於其他光源是較穩定且不易損壞的，價格便宜，也沒有白熾燈泡及鹵素燈泡易發熱的缺點，及日光燈管和省電燈泡的閃爍問題，新型聚光型 LED 也改善了以往 LED 發光強度不足，穿透性不佳的缺點，而最重要的是它有多種顏色可選用，符合我們實驗設計的需求。

三、實驗一中不管是用紅、藍石蕊試紙或是廣用試紙來檢測溶液酸鹼性，能檢測的範圍很小，pH3-11 的反應結果竟然都一樣，讓我們驚訝不已，同學們都說廣用試紙一點都不廣用，試紙受溫度、時間、空氣濕度等因素，顏色退去的情形不一，故我們採用廣用指示劑來實驗。

四、廣用指示劑相對於石蕊試紙及廣用試紙，可檢測更大範圍的酸鹼溶液，使用上也較為方便且經濟，但仍須透過人眼判斷比色，故仍存在相當的誤差與不確定性，尤其對於色盲色弱者更是不可能的任務。因指示劑本身即是一種弱酸或弱鹼，滴入酸鹼溶液中時其反應式如下： $\text{HIn}(\text{酸性顏色}) + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{In}^-(\text{鹼性顏色})$ 其變色情形受溶液中氫離子濃度影響，在某一範圍的氫離子濃度下會存在酸性色與鹼性色並存的混色階段，故使用指示劑時與待測溶液的比例及反應時間的長短都會影響其成色結果。建議廠商於指示劑上標示最佳滴數及檢測時間，避免判斷錯誤的 pH 值。

五、手機條碼法若能在同一色系之條碼再細分出適合各 pH 值深淺溶液之不同深淺度的條碼，我們覺得應該可以應用於分辨不同 pH 值溶液，希望明年可以研究出來。

捌、 結論

- 一、利用 LED、回收保麗龍及要淘汰的計算機光電池，成功地製作出『光電池酸鹼計』，它可分辨指示劑與水溶液反應後的色系，『快篩』出溶液性質，更進一步可『量化』出水溶液顏色的深淺，判別水溶液酸鹼性的強弱，也許測量結果不如昂貴的 pH 計精準，但比起肉眼判斷來得客觀許多，另外最主要是它花費少。
- 二、市售的酸鹼試紙雖然方便但能檢測的範圍很小，竟只能檢測 pH=0-2 的強酸及 pH=12-14 強鹼，十分不準。
- 三、一般市售廣用指示劑大部分都未標示使用比例及可檢測之範圍，有標示適用範圍的最廣也只有 pH1~11，經由我們所設計的『光電池酸鹼計』，配合適當的廣用指示劑滴入比例，可將檢測範圍擴大到 pH0~14，大大增加了廣用指示劑的應用範圍。
- 四、利用自製『光電池酸鹼計』來檢測廣用指示劑滴入水溶液後的顏色變化，再比對我們設計的【pH-顏色-電流值】對照表來判別溶液 pH 值，這是我們最開心的地方。

玖、 參考資料及其它

1. 國科會高瞻計畫資源平台 <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=4863>。
2. 認識色弱人的世界 <http://blog.yam.com/littledaisy/article/20477012>。
3. 維基百科，酸鹼指示劑，pH 計，pH 值 <http://zh.wikipedia.org/>。
4. 行動條碼 <http://www.quickmark.com.tw/cht/tech/t23.asp>
5. 連廣用試劑也數位化了，中華民國第四十六屆國民中小學科學展覽會。

【評語】 080204

1. 能利用廣用試劑不同 pH 之顏色轉換成電流值之區別，
有創新性。
2. 若本身有色之溶液就無法準確測量。