中華民國第51屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　物理科

080102

來電了沒？— 尋找準確快速的導電檢測筆

學校名稱：高雄市左營區永清國民小學

作者：	指導老師：
小六 劉韋伶	吳麗淑
小六 鄭偉仲	謝蕙夙
小六 雷喬茵	
小六 詹婷宇	
小六 歐育如	
小六 梁家瑄	

關鍵詞：導電、教具研發

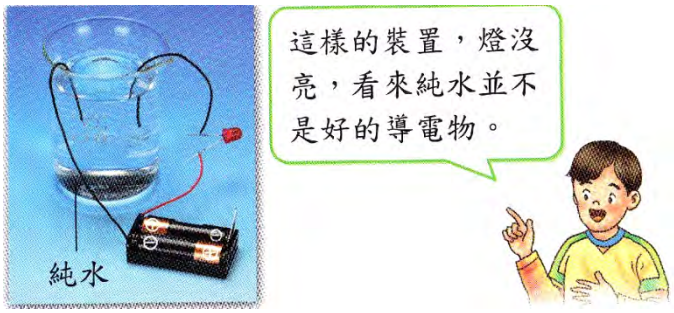
來電了沒？

－ 尋找準確快速的導電檢測筆

摘要

提高水溶液導電實驗成功率，先要選對電極棒的材質。生活中導電最佳的是銅線，但在水中易產生銅綠影響結果，且耗材大，我們建議以鋼釘取代。其次，影響導電的關鍵是電極棒與水的接觸面積。二支電極棒最佳距離是1公分、插入水溶液深度5公分爲最佳，電極棒直徑越大，與水的接觸面積越多，導電性亦越佳。水溶液容積多寡影響並不大。

自然實作中要驗證水溶液是否具有導電性，我們建議採用高亮度LED取代三用電錶，連接方式較簡便、價格低、效果佳，即使是導電性不佳的蒸餾水，亦可檢測導電性。我們將實驗結果設計成一支導電檢測筆，針對傳統電解實驗的缺點，製作出改良式的檢測筆，在操作上更方便、精確，方便老師與同學判別水溶液具導電性的最佳教具。



這是真的嗎？試試看我們所設計的導電檢測筆吧!

壹、研究動機

在水溶液導電實驗時，我們發現相同的器材下，有些組別可以導電，有些組別卻不行，讓我們感到很納悶，想一探究竟。於是，我們發揮柯南辦案的精神，仔細地觀察了同學操作的過程，發現了操作過程的落差，可能是影響導電與否的關鍵。因此，我們組成了一支團隊，上網搜尋導電的相關資料，根據推斷影響導電成因：如電極棒材質、插入溶液的深度、相隔距離、粗細等，重新設計了實驗。除此之外，我們想利用研究出來的成果，嘗試設計一支便利的導電檢測筆，方便老師在教學時使用，避免測弱酸或弱鹼性溶液所造成的誤差困擾，讓同學均能一手就能完成水溶液導電性的檢測實驗，快速驗證水溶液具導電性的原理。

貳、研究目的

一、探討日常生活中各種水溶液的導電性

二、探討不同電極棒材質對導電性的影響

三、比較銅線與鋼釘在水溶液中導電時間對電流量的影響

四、電極棒相隔的距離對導電性的影響

五、電極棒插入水溶液中的深淺對導電性的影響

六、電極棒的粗細對溶液導電性的影響

七、探討不同種類LED與導電性的關係

八、水溶液的多寡對導電性是否有影響

九、設計簡易又準確的導電檢測筆

參、研究設備及器材

測量儀器：三用電錶、電子秤、碼錶、照度計。

實驗器具：可調式變壓器、紙杯、攪拌棒、檢測筆、電線、電池座、電池、尖嘴鉗、內外游標卡尺、瓦愣板、漏斗、燒杯、塑膠杯、烙鐵、LED、量杯、筆、尺、筆記簿、廣用試紙、湯匙。

水溶液：鹽水、小蘇打水、醋、汽水、糖水、竹炭水、蒸餾水、洗衣粉、舒跑、肥皂水。

電極棒：鋁線、銅線、白鐵線、鐵釘、錫線、6、9、15 公分的鋼釘、碳棒。

圖 1　實驗器材

肆、研究過程或方法

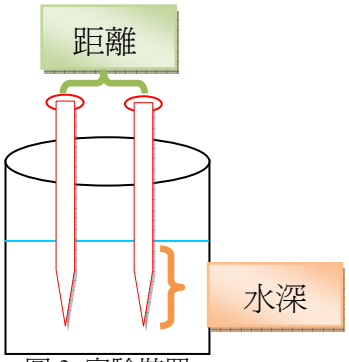


圖 2 實驗裝置

探討活動一：探討日常生活中各種水溶液的導電性

實驗方法：

1. 調製 10 種相同濃度的日常生活水溶液 200ml。
2. 利用廣用試紙測試各種水溶液酸鹼性。
3. 將二條 10 cm銅線相隔 2 cm距離，插入水溶液 2 cm深處。
4. 分別以二顆 3 號電池及可調式變壓器插入教室內插座爲電源，使用三用電表測量通過不同水溶液的電流量。
5. 觀察照度計測得照度，記錄實驗數據。

探討活動二：探討不同電極棒材質對導電性的影響

實驗方法：

1. 準備固定長度的錫線、鋼釘、鐵釘、銅線、鋁線、鐵線和碳棒各 2 枝作爲電極棒。
2. 測量不同材質的直徑，計算各種材質在垂直入水深 2 公分處的水中表面積。
3. 以三用電表兩端夾住 2 支相同材質的電極棒，電極棒之間距離爲 2 cm，並固定插入鹽水及蒸餾水中深度 2 cm處。
4. 測量通過的電流，觀察照度計測得照度，記錄實驗數據。

探討活動三：比較銅棒與鋼釘在水溶液中導電時間對電流量的影響

實驗方法：

1. 選用相同長度鋼釘及銅線，固定距離2公分於瓦楞板上。
2. 分別以三用電表兩端夾住電極棒，並固定插入鹽水及蒸餾水中深度2cm處。
3. 利用碼表分別測量鋼釘及銅線在1分鐘、2分鐘、3分鐘、4分鐘、5分鐘、6分鐘、7分鐘、8分鐘、9分鐘、10分鐘等不同時間點的電流量大小。
4. 根據觀察，將測得電流量及照度值記錄下來。

探討活動四：電極棒相隔的距離對導電性的影響

實驗方法：

1. 分別將二支 9 公分鋼釘電極棒分別依照 1 cm、2 cm、3 cm、4 cm、5 cm、6 cm 等距離固定在塑膠瓦楞板上。
2. 將固定不同距離鋼釘的瓦楞板，分別插入 200 cc的鹽水及蒸餾水中深 2 cm。
3. 以三用電表兩端夾住電極棒，將測得電流量記錄下來。
4. 觀察照度計測得照度，記錄實驗數據。

探討活動五：電極棒插入水溶液中的深淺對導電性的影響

實驗方法：

1. 選用9公分長鋼釘二支，固定距離1公分於瓦楞板上。
2. 將瓦楞板分別依1cm、2cm、3cm、4cm、5cm、6cm等不同深度，放入鹽水及蒸餾水中。
3. 以三用電表兩端夾住電極棒，將測得電流量記錄下來。
4. 觀察照度計測得照度，記錄實驗數據。

探討活動六：電極棒的粗細對溶液導電性的影響

實驗方法：

1. 準備直徑0.38cm、0.4cm、0.42cm鋼釘各二枝作爲電極棒，固定二枝間距離爲1公分於瓦楞板上。
2. 分別將電極棒固定距離1公分及插入200ml的鹽水及蒸餾水中的5公分深處,形成通路。
3. 以三用電表兩端夾住電極棒，將測得電流量記錄下來。
4. 觀察照度計測得照度，記錄實驗數據。

探討活動七: 探討不同種類LED與導電性的關係

實驗方法：

1. 準備不同顏色的傳統LED和高亮度LED,利用鱷魚夾將LED燈與15cm電極棒二端、三用電表、電源構成串聯。
2. 固定鋼釘電極棒二端距離1公分距離，分別插入鹽水及蒸餾水中5公分深。
3. 以三用電表兩端夾住電極棒，將測得電流量記錄下來。
4. 觀察照度計測得照度，記錄實驗數據。

探討活動八：探討水溶液的多寡對導電性是否有影響

實驗方法：

1. 將15cm長鋼釘二支，以相隔距離1公分，固定於瓦楞紙板上。
2. 分別將蒸餾水及濃度5%的鹽水倒入容量爲100ml、250 ml、500 ml、1000 ml等4種不同容積的燒杯5公分高，之後將水倒出，測量水的體積。
3. 將鋼釘垂直插入水中深度5公分,以三用電表兩端夾住電極棒,將測得電流量及記錄下來。
4. 觀察照度計測得照度，記錄實驗數據。

探討活動九：設計簡易又準確的導電檢測筆

實驗方法：

1. 根據以上實驗結果，將導電性最好的電極棒材質、粗細、相隔的距離、放入水中的深度及高亮度 LED 來製作一支簡易式的導電檢測筆。
2. 製作完成後，檢測各種水溶液。
3. 觀測 LED 燈的亮度，即可判斷各種水溶液的導電強度。

圖 3　實驗裝置外觀

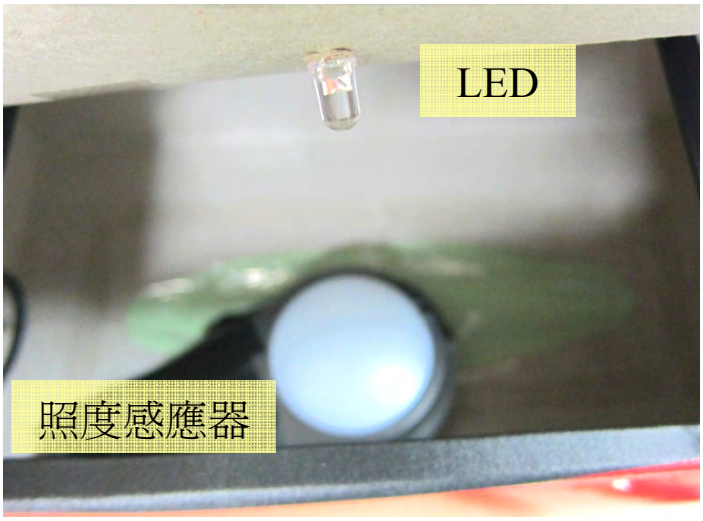


圖 4　紙盒內部

伍、研究結果

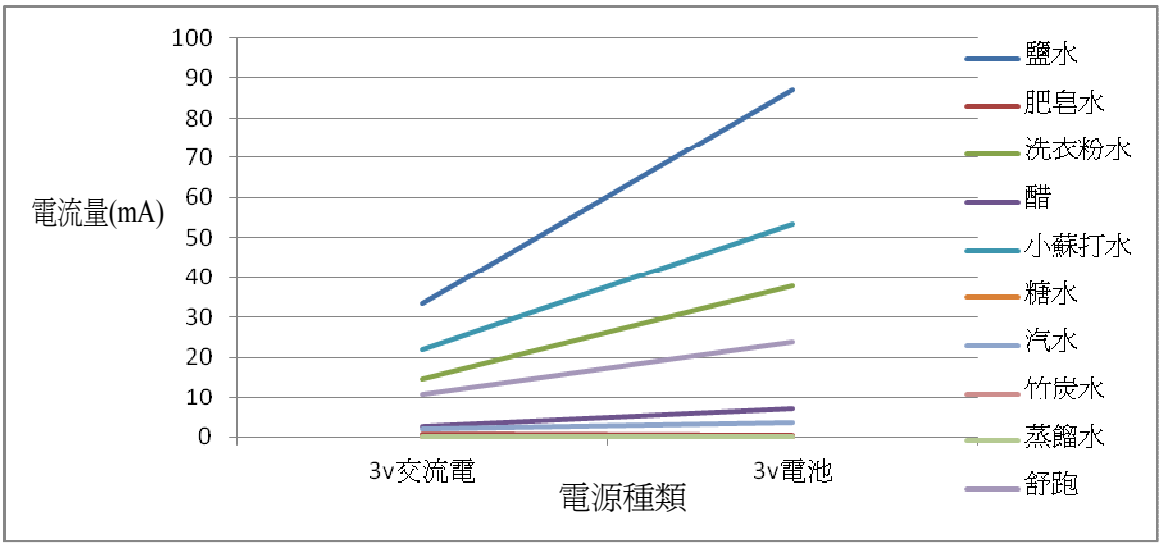
研究結果一：探討日常生活中各種水溶液的導電性

（一）實驗結果：

表 1　比較銅線在 3 v 不同電源中測量各種水溶液通過電流大小

電源	電流(mA) \ 水溶液	鹽水	洗衣粉	小蘇打水	醋	汽水	糖水	竹炭水	蒸餾水	舒跑	肥皂水
直流電（3v）	1	87.1	38.2	53.3	7.21	3.65	0.043	0.052	0.38	23.1	1.21
	2	87.9	37.9	52.9	7.01	3.21	0.046	0.049	0.34	24.4	1.36
	3	86.3	38.5	52.8	7.56	4.12	0.048	0.036	0.32	23.9	1.39
	4	86.9	36.9	54.1	7.57	3.34	0.037	0.054	0.31	23.2	1.42
	5	87.3	37.2	53.7	6.09	3.56	0.051	0.037	0.33	24.1	1.42
	平均	87.1	37.74	53.36	7.088	3.576	0.045	0.046	0.336	23.74	1.36
	LED 照度（lux）	156.6	67.9	96	8.2	3.2	0	0	0	39.1	0
交流電（3v）	1	32.2	15.3	21.3	2.76	1.46	0.049	0.045	0.024	10.9	0.68
	2	34.5	14.2	22.5	2.16	1.75	0.052	0.041	0.021	11.2	0.68
	3	33.5	14.1	21.6	3.1	1.77	0.043	0.043	0.023	10.1	0.89
	4	33.1	15.2	23.4	2.1	1.99	0.041	0.042	0.034	10.2	0.67
	5	34.1	14.1	21.5	2.46	1.89	0.052	0.041	0.025	11.1	0.75
	平均	33.48	14.58	22.06	2.516	1.772	0.047	0.042	0.025	10.9	0.73
	LED 照度（lux）	50.1	21.1	38.6	1.8	0	0	0	0	10.6	0
酸鹼性		中性	鹼性	鹼性	酸性	酸性	中性	中性	中性	酸性	鹼性

圖 5　比較不同電源種類在不同水溶液中電流量折線圖



（二）我們的發現與討論：

1. 我們發現鹽水通過電流最多，得知，鹽水是導電性最好的水溶液，蒸餾水通過電流最少，是導電性最差的水溶液。
2. 我們在檢測不同材質的導電性，爲了要讓數據更加準確，所以我們使用導電性最好的鹽水及最差的蒸餾水來做比較。
3. 我們使用廣用試紙測試各種水溶液的酸鹼性，發現鹽水、糖水、竹炭水、蒸餾水屬於中性水溶液；醋、汽水、舒跑是酸性水溶液；小蘇打水、洗衣粉水、肥皂水則是鹼性水溶液（如圖 6）。
4. 中性水溶液中除了鹽水以外，其餘電流都非常低，因此，我們認爲鹽水中必定含有幫助導電的物質。
5. 以三用電錶單獨測試 2 顆 3 號電池所測得的電流量爲 3A，可調式變壓器轉換交流電測得的電流爲 1A，我們比較電流通過不同水溶液時，電流量越大電池的電流量越是明顯呈現與變壓器轉換出的電流呈現 3 倍的關係。
6. 考慮電池會有電力消耗影響電流量的問題（如圖 11），因此，我們使用可調式變壓器（如圖 7）轉換教室中的交流電變爲直流電，以穩定電流量。
7. 測得電流值越大，照度值亦越大，亮度越亮。
8. 要更換水溶液測量時，必須使用純水將電極棒進行洗滌（如圖 9），避免水溶液間的汙染，導致實驗誤差。
9. 銅線在每次測試完電流量較大的鹽水及小蘇打水，即會產生附著物（如圖 8）影響電流量數據，必須經常更換新的銅線，造成耗材的浪費，因此我們想尋找取代銅線的電極棒。

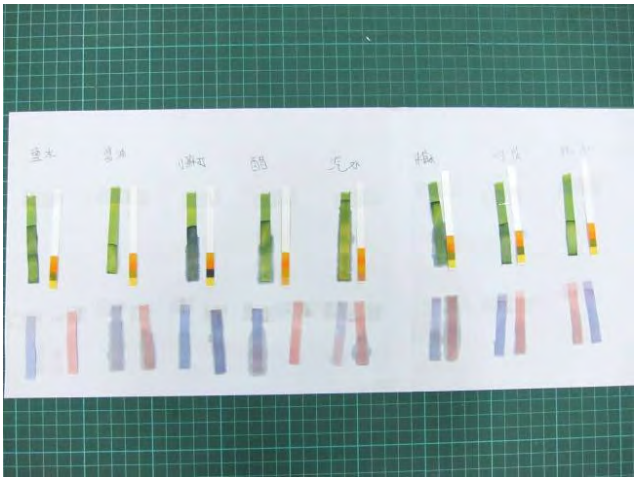


圖6 使用廣用試紙測試水溶液酸鹼性。

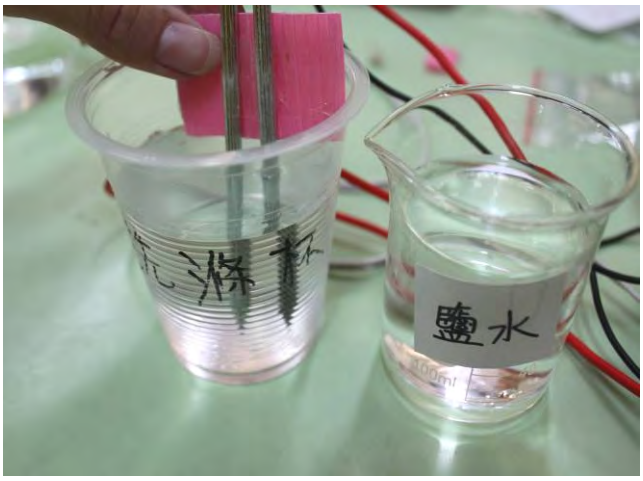


圖9 每次檢測完，必定以純水洗滌過電極棒，避免造成水溶液間的汙染。

圖7 將可調式變壓器調整至3V電壓，轉換教室插座內提供的交流電源爲直流電。

圖10 微亮的LED，代表水溶液中通過電流弱。

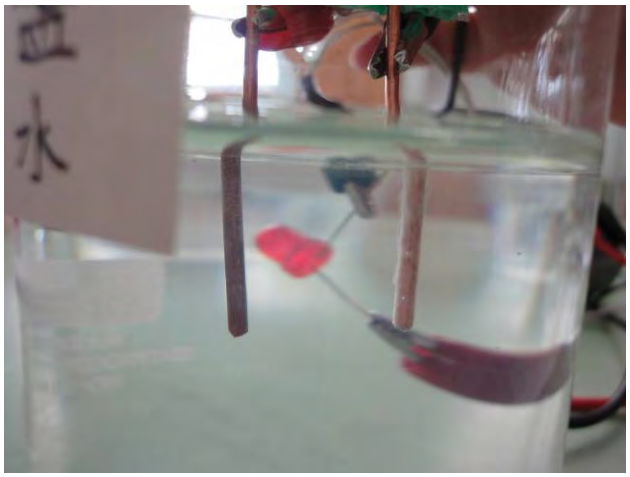


圖8 電流越強，水溶液與銅線反應越劇烈。

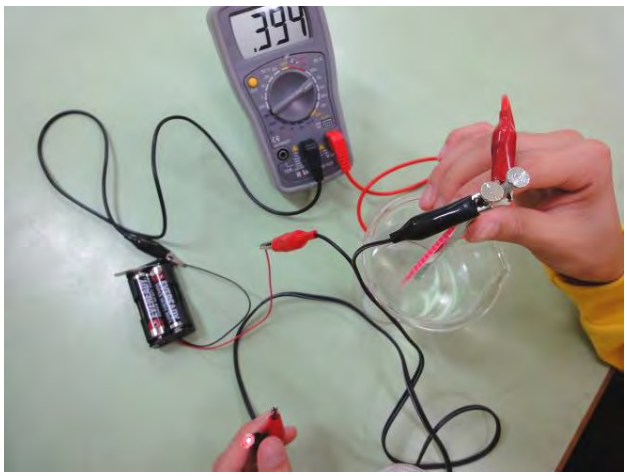


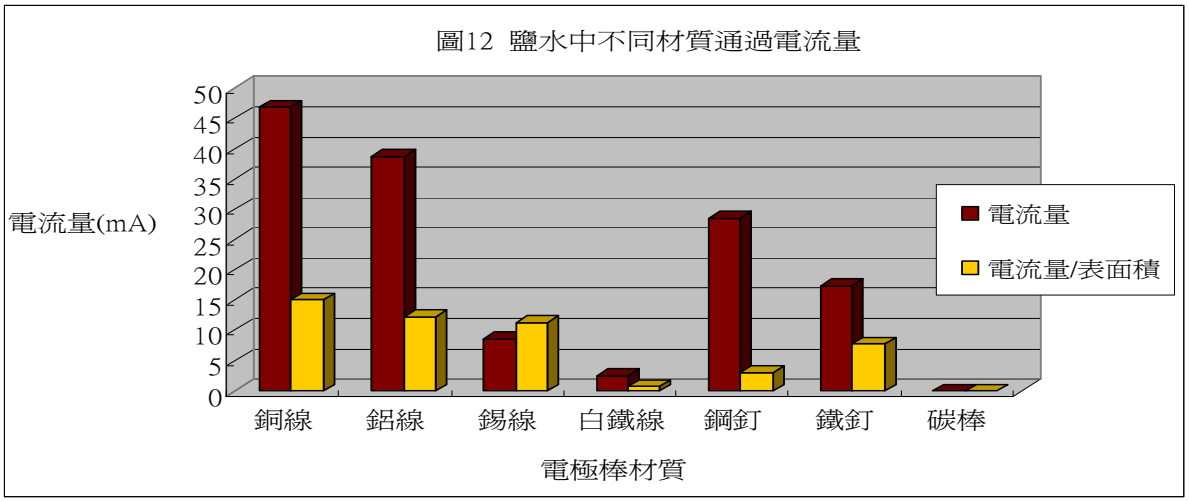
圖11 電池組電流隨時間越久，測得數值會下降。

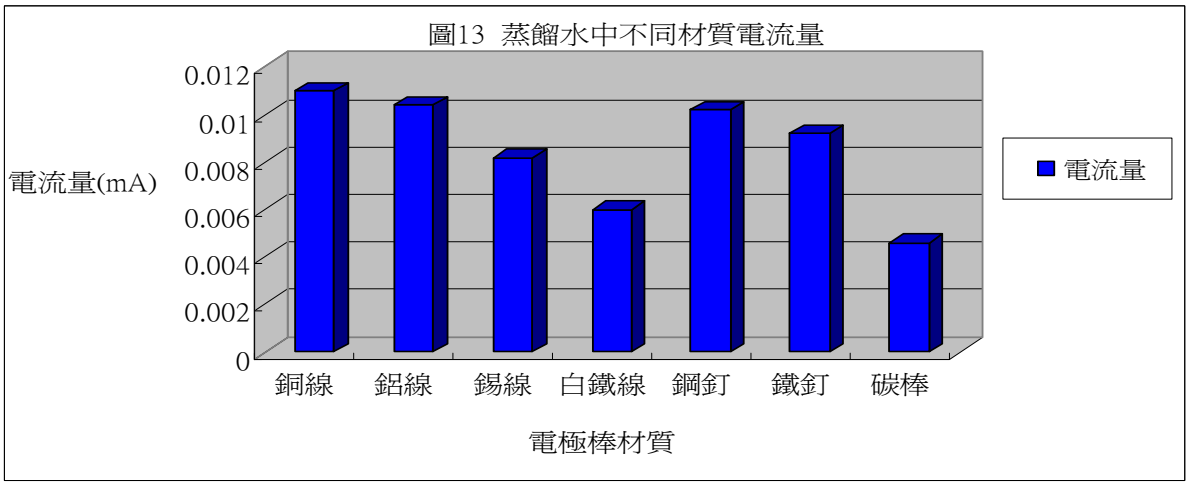
研究結果二：探討不同電極棒材質對導電性的影響

（一）實驗結果：

表 2：各種材質通過電流大小

水溶液	材質 / 直徑 / 水中表面積 / 電流(mA)	銅線	鋁線	錫線	白鐵線	鋼釘	鐵釘	碳棒
	直徑	2 ㎜	2 ㎜	1 ㎜	2 ㎜	3.8 ㎜	2 ㎜	6 ㎜
	水中表面積	128.74 ㎜^{2}	128.74 ㎜^{2}	63.585 ㎜^{2}	128.74 ㎜^{2}	303.6 ㎜^{2}	160.6 ㎜^{2}	405.06 ㎜^{2}
鹽水	1	46.5	38.5	8.79	2.13	28.3	17.2	0.008
	2	47.3	38.2	8.81	2.91	28.5	17.3	0.007
	3	46.8	38.9	8.76	2.54	28.7	17.5	0.007
	4	46.9	39.1	8.32	2.34	29.1	17.8	0.008
	5	47.1	38.7	8.11	2.76	28.1	16.9	0.006
	平均	46.92	38.68	8.558	2.536	28.54	17.34	0.0072
	單位面積電流量 (mA/㎜^{2})	0.364	0.300	0.135	0.020	0.094	0.108	0.00002
	LED 照度（lux）	82.8	70.3	10.1	3.1	51.3	31.2	0
蒸餾水	1	0.011	0.011	0.008	0.006	0.011	0.01	0.005
	2	0.012	0.011	0.008	0.006	0.009	0.009	0.004
	3	0.011	0.009	0.007	0.007	0.01	0.009	0.004
	4	0.01	0.01	0.009	0.006	0.011	0.008	0.005
	5	0.011	0.011	0.008	0.005	0.01	0.01	0.005
	平均	0.011	0.0104	0.0082	0.006	0.0102	0.0092	0.0046
	LED 照度（lux）	0	0	0	0	0	0	0





（二）我們的發現與討論：

1. 我們發現在鹽水中，將電流量除以水中表面積，通過電流最多爲銅線，最少爲碳棒。因此，在我們所蒐集到生活中的材質，導電性最強的是銅線，而最差的是碳棒。
2. 不考慮材質粗細下，整體電流量的最多的是銅線，第二是鋁線，第三是鋼釘。
3. 在反覆操作過程中，將銅線從鹽水中拿出時，電極棒負極部分發現有附著物（如圖 19），附著物會影響測得電流量，即使用砂紙摩過效果還是不好，所以每做完一次實驗，建議將原本的電極棒換新。
4. 鐵釘在通電過程中，通過電流越強，生鏽情況越嚴重，導電性反而越好，不知是否是鐵銹增加了水溶液的導電性呢？我們認爲穩定性不夠不建議採用。（如圖 18）
5. 鋼釘直徑有比鋁線更粗的選擇，整體電流量表現不差，質地堅硬可以控制電極棒距離，因此我們想比較銅線與鋼釘進行水溶液導電性時間的影響性，尋找最適合實驗操作的電極棒。

圖 14 自己設計實驗表格，找出問題答案。

圖 17 利用各種線材測試水溶液導電性。

圖 15 利用游標卡尺測量直徑，以便計算表面積。

圖 18 鐵釘與銅線通電後容易與水發生作用。

圖 16 各種材質底部造型不同，表面積計算方式也不同。

圖 19 受到附著物影響，銅線實驗時間越久，測得數值越低。

研究結果三：比較銅棒與鋼釘在水溶液中導電時間對電流量的影響

（一）實驗結果：

表 3：銅棒與鋼釘在水溶液中不同導電時間電流量

水溶液	電流(mA)	時間	0 分鐘	1 分鐘	2 分鐘	3 分鐘	4 分鐘	5 分鐘	6 分鐘	7 分鐘	8 分鐘	9 分鐘	10 分鐘
鹽水	銅線	1	45.3	44.9	44.7	44.6	44.4	44.3	44.2	44.2	44.1	39.1	38.3
		2	44.9	44.6	44.3	44.2	43.2	43.2	43.1	43.1	42.8	42.5	42.1
		3	45.7	45.2	44.9	44.6	44.6	44.5	44.4	44.2	44.1	39.2	38.7
		平均	45.30	44.90	44.63	44.47	44.07	44.00	43.90	43.83	43.67	40.27	39.70
		LED 照度（lux）	81.5	80.8	80.3	80.0	79.3	79.2	79.0	78.9	78.6	72.5	71.5
	鋼釘	1	28.1	30.2	30.3	30.1	31.1	31.1	31.1	31.1	31.1	31.1	31.1
		2	28.2	29.3	29.4	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2
		3	27.9	28.5	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9
		平均	28.07	29.33	29.53	29.73	30.07	30.07	30.07	30.07	30.07	30.07	30.07
		LED 照度（lux）	50.5	52.8	53.2	53.5	54.1	54.1	54.1	54.1	54.1	54.1	54.1
蒸餾水	銅線	1	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010
		2	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.011	0.011
		3	0.011	0.011	0.011	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.009
		平均	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.010	0.010
		LED 照度（lux）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼釘	1	0.009	0.009	0.009	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
		2	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011
		3	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
		平均	0.009	0.009	0.009	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
		LED 照度（lux）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

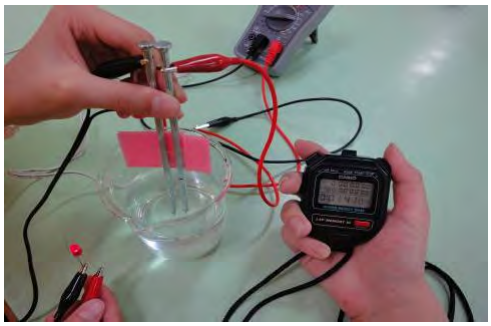
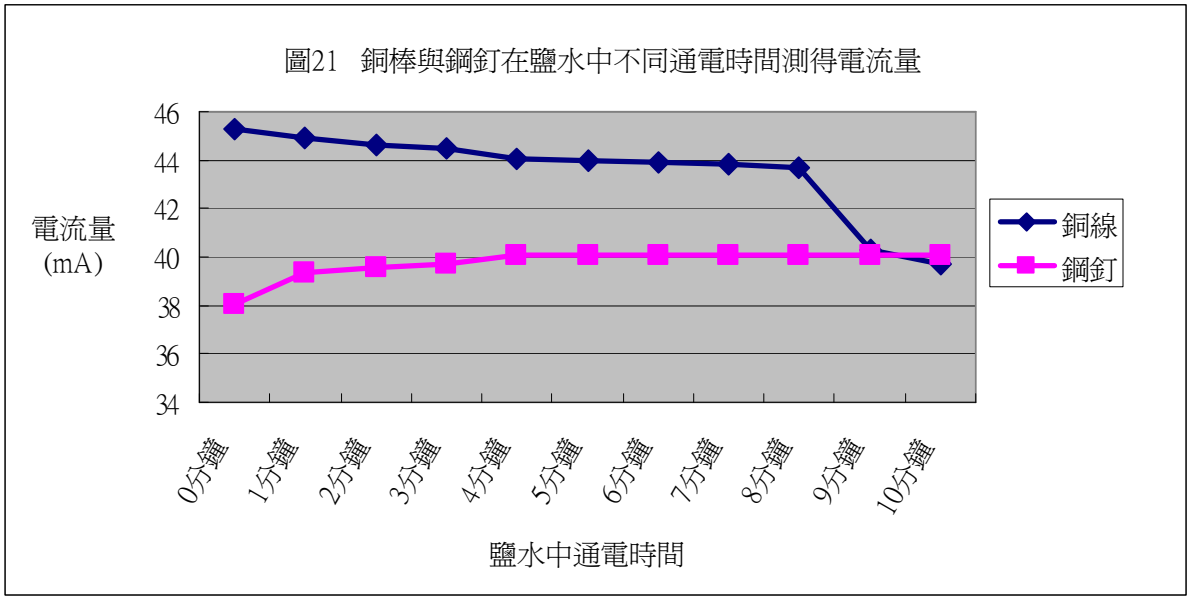
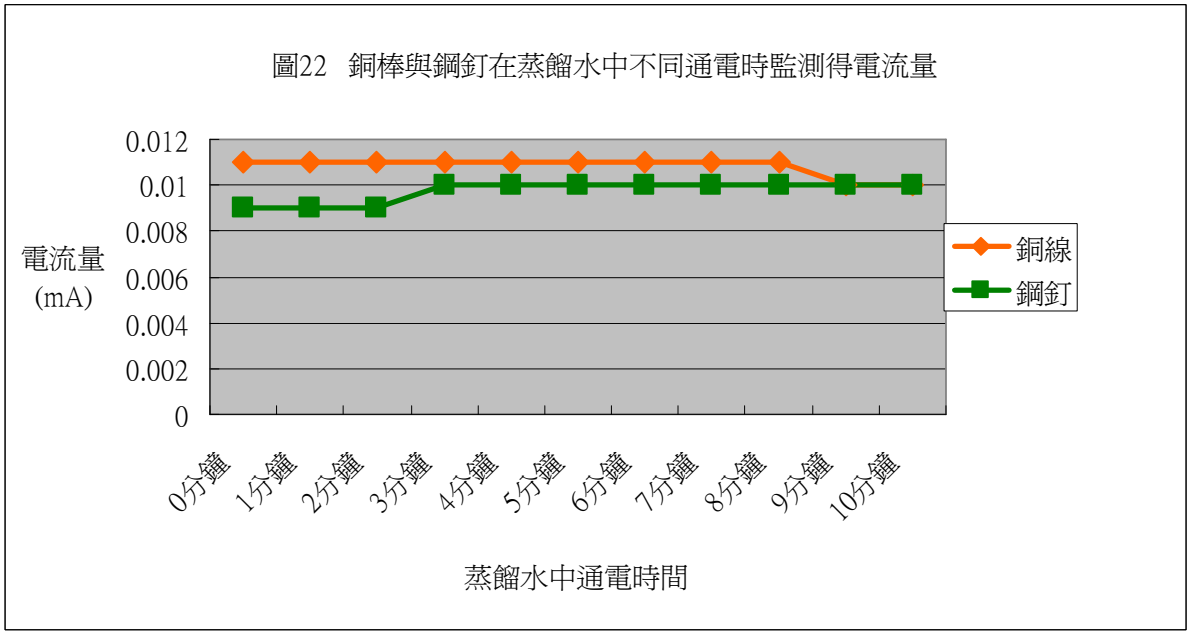


圖 20 電極棒在水中通電時間會影響測得電流值





（二）我們的發現與討論：

1．銅線在水溶液中的電流量，會隨時間下降；以鋼釘當電極棒1至4分鐘狀態接近穩定，插入溶液後1分鐘即可檢測其導電度。

2．銅線在水溶液中的電流量，會隨著時間不斷下降；以鋼釘當電極棒1至4分鐘狀態接近穩定值，所以插入溶液後1分鐘即可檢測其導電度。

3．鋼釘穩定性較銅線高，一根約一元，價格低廉，不需花時間挖除絕緣的塑膠或分段，就可以方便的製作，是建議取代銅線的材質

4．比較銅線與鋼釘我們認為鋼釘材質穩定，是較為建議做導電電極棒的材質。

研究結果四：電極棒相隔的距離對導電性的影響

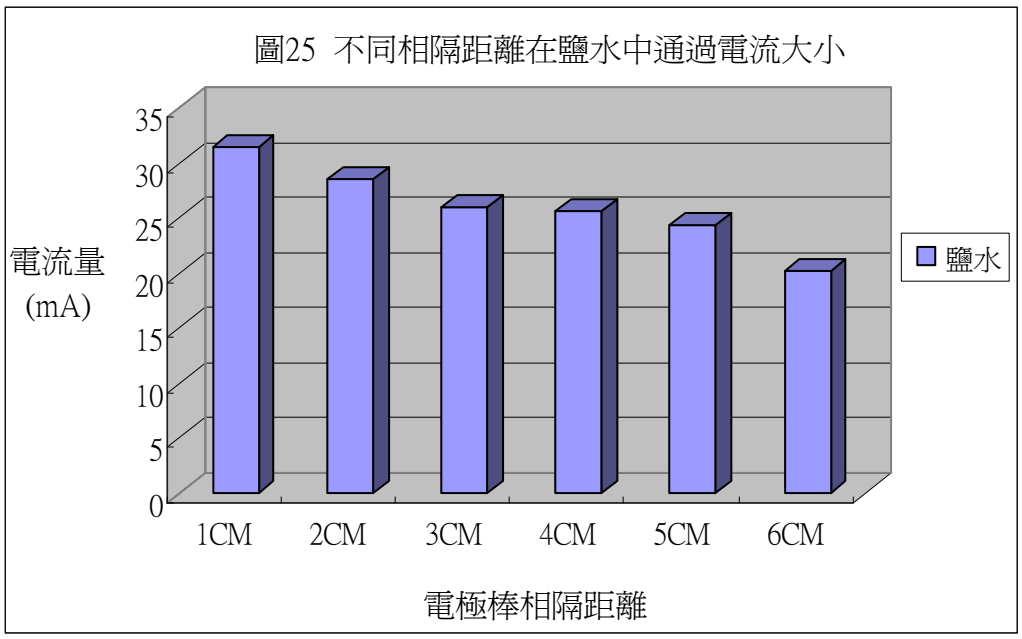
（一）實驗結果：

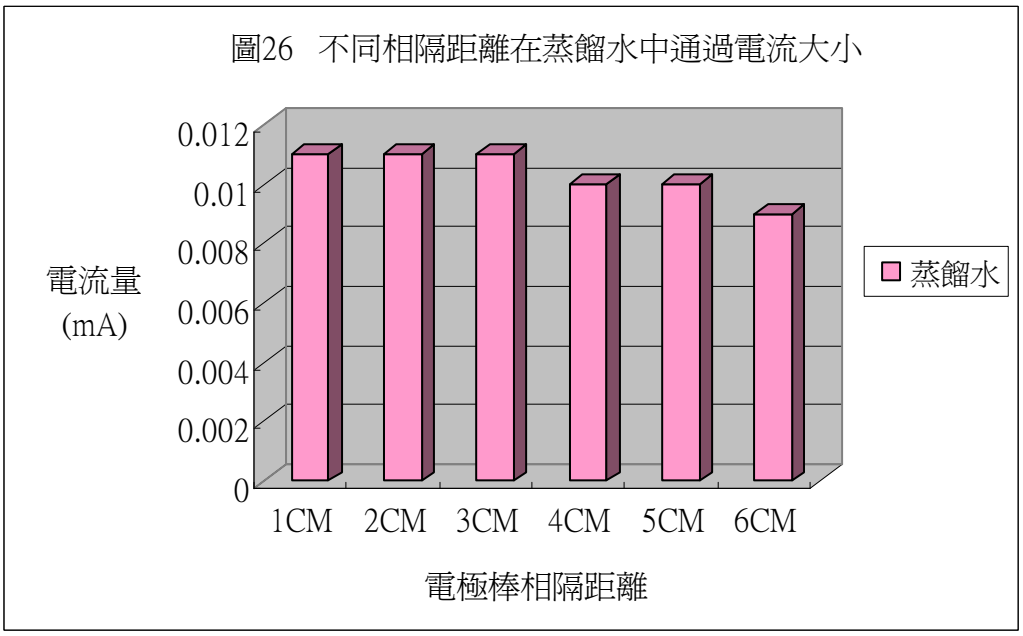
表 4：不同相隔距離通過電流大小

水溶液	電流(mA) \ 距離	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm
鹽水	1	31.2	29.3	26.5	25.3	24.7	20.4
	2	31.52	28.9	25.6	25.4	24.1	20.9
	3	32.07	27.9	25.3	26.5	24.5	19.1
	4	30.5	28.7	26.8	25.3	23.1	19.5
	5	32.3	28.6	25.7	25.9	25.7	21.1
	平均	31.52	28.68	25.98	25.68	24.42	20.2
	LED 照度（lux）	56.7	51.6	46.8	46.2	44.0	36.4
蒸餾水	1	0.012	0.011	0.011	0.010	0.010	0.009
	2	0.012	0.011	0.010	0.009	0.010	0.008
	3	0.011	0.010	0.011	0.010	0.009	0.009
	4	0.011	0.011	0.011	0.011	0.010	0.009
	5	0.010	0.010	0.010	0.010	0.009	0.008
	平均	0.011	0.011	0.011	0.010	0.010	0.009
	LED 照度（lux）	0	0	0	0	0	0

圖 23 不同電極棒距離圖

圖 24 仔細測量避免誤差





（二）我們的發現與討論：

1. 電極棒相隔的距離，是以1公分爲最好，而6公分最差，得知電極棒越靠近，導電性就越強；相隔的距離越遠，導電性就越弱。
2. 考慮電極棒距離越近，越容易相互碰觸影響實驗結果，因此建議以1公分爲電級棒間最佳相隔距離。

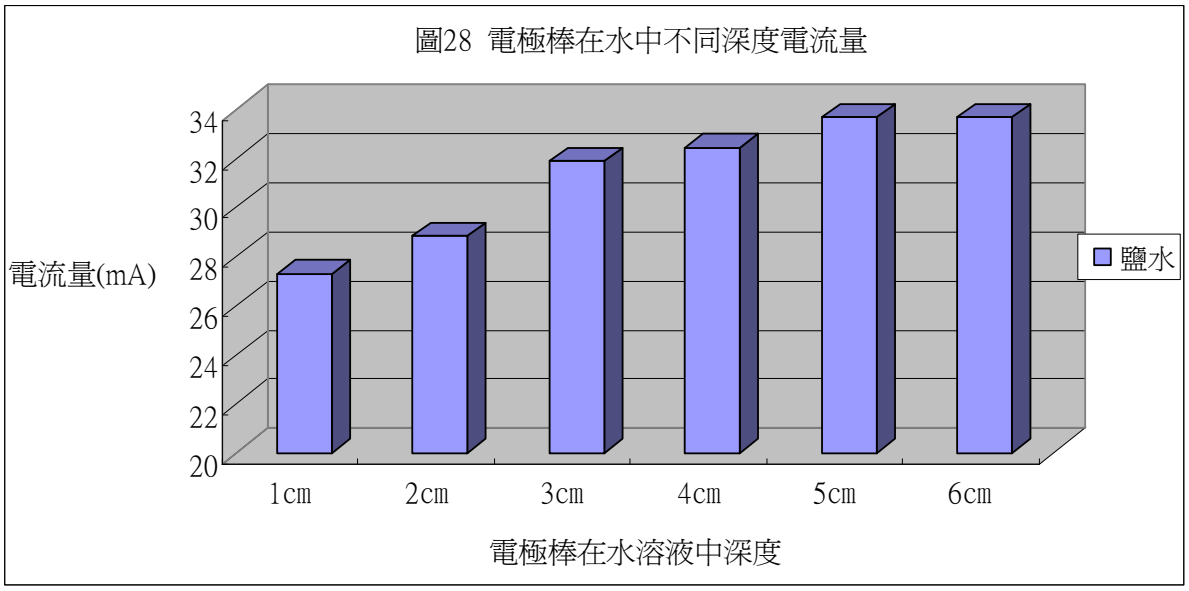
研究結果五：電極棒插入水溶液中的深淺對導電性的影響

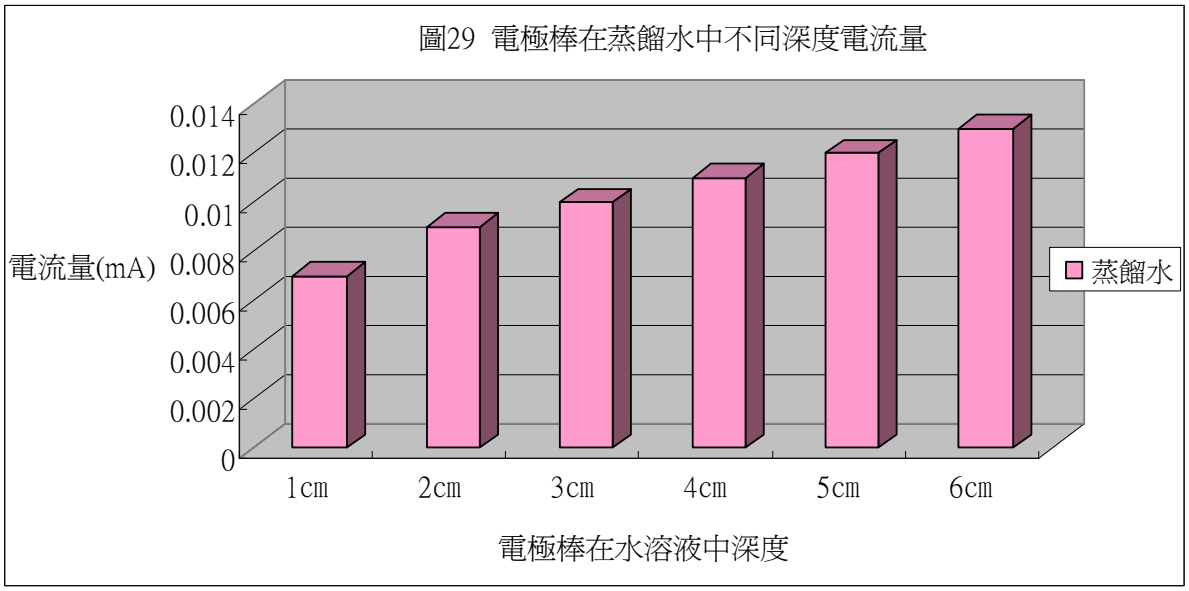
（一）實驗結果：

表5：電極棒在水溶液中不同深度通過電流大小

水溶液	電流(mA) \ 深度	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm
鹽水	1	27.3	28.6	31.4	32.4	33.9	33.4
	2	28.1	29.1	32.4	32.8	33.3	33.5
	3	27.6	28.2	31.9	32.1	33.5	34.1
	4	27.2	28.7	32.1	32.5	33.6	33.2
	5	26.3	29.5	31.6	32.3	34.1	34.2
	平均	27.3	28.82	31.88	32.42	33.68	33.68
	照度(lux)	49.1	51.9	57.4	58.4	60.6	60.6
蒸餾水	1	0.006	0.010	0.010	0.012	0.012	0.013
	2	0.007	0.009	0.010	0.011	0.012	0.012
	3	0.007	0.008	0.011	0.011	0.013	0.013
	4	0.008	0.009	0.010	0.011	0.013	0.012
	5	0.007	0.008	0.011	0.012	00.012	0.013
	平均	0.007	0.009	0.010	0.011	0.012	0.013
	照度(lux)	0	0	0	0	0	0

圖 27 我們曾經所嘗試的各種深度距離





（二）我們的發現與討論：

1．不論在鹽水或蒸餾水中，電極棒插入溶液越深，導電性也就越好，但是5公分與6公分時，導電度差異不大，建議測量時以5公分爲最佳深度。

研究結果六：電極棒的粗細對溶液導電性的影響

（一）實驗結果：

表六：不同鋼釘直徑在水中通過電流大小

水溶液	電流(mA) \ 直徑	0.38 cm	0.4 cm	0.42 cm
鹽水	1	22.5	34.5	42.3
	2	22.1	34.1	42.1
	3	22.4	34.6	43.1
	4	23.1	34.2	41.9
	5	22.7	34.7	42.5
	平均	22.56	34.42	42.38
	照度(lux)	40.6	62.0	76.3
蒸餾水	1	0.006	0.009	0.010
	2	0.007	0.008	0.011
	3	0.006	0.007	0.010
	4	0.007	0.008	0.011
	5	0.006	0.008	0.011
	平均	0.006	0.008	0.011
	照度(lux)	0	0	0

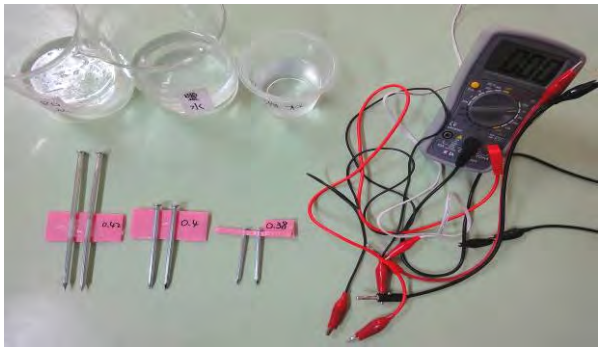
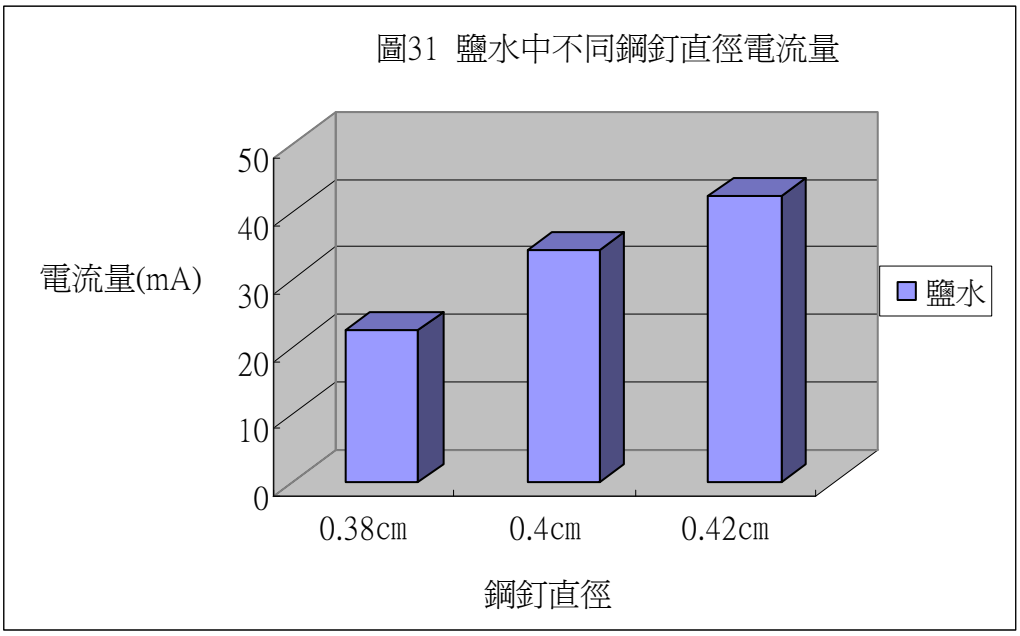
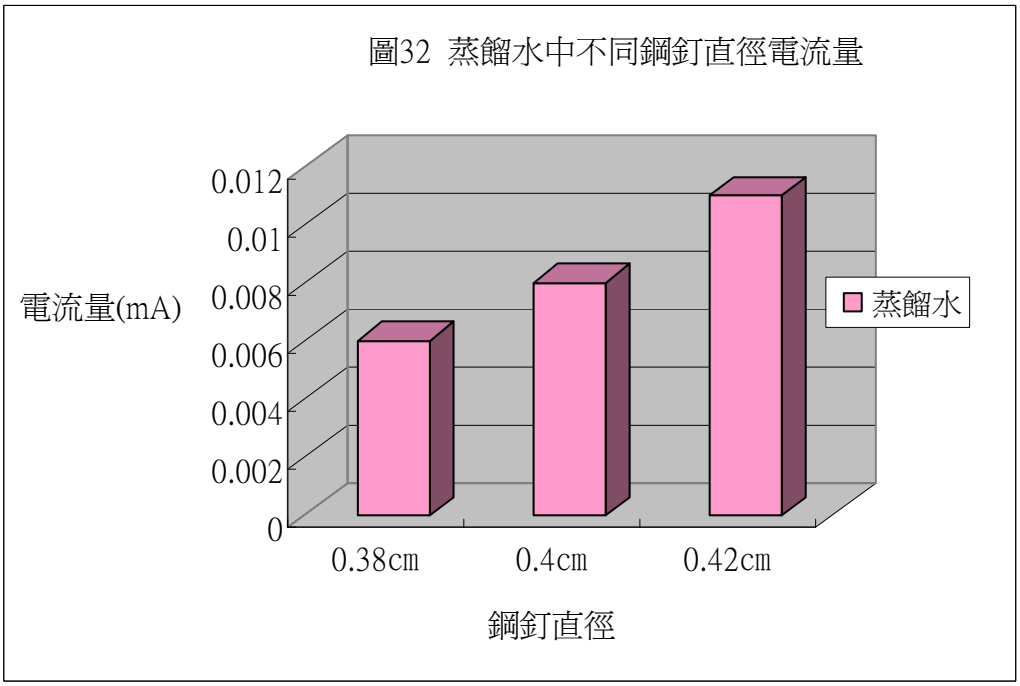


圖30 不同直徑大小的鋼釘





（二）我們的發現與討論：

1. 電極棒通過電流最大爲直徑 0.42 cm，電流最小爲直徑 0.38 cm，因此，我們發現當電極棒直徑越粗，與水接觸表面積越大，通過電流量亦越大。
2. 因此，當有相同材質的電極棒時，建議選用直徑最粗的材料，檢測水溶液電流效果最好。

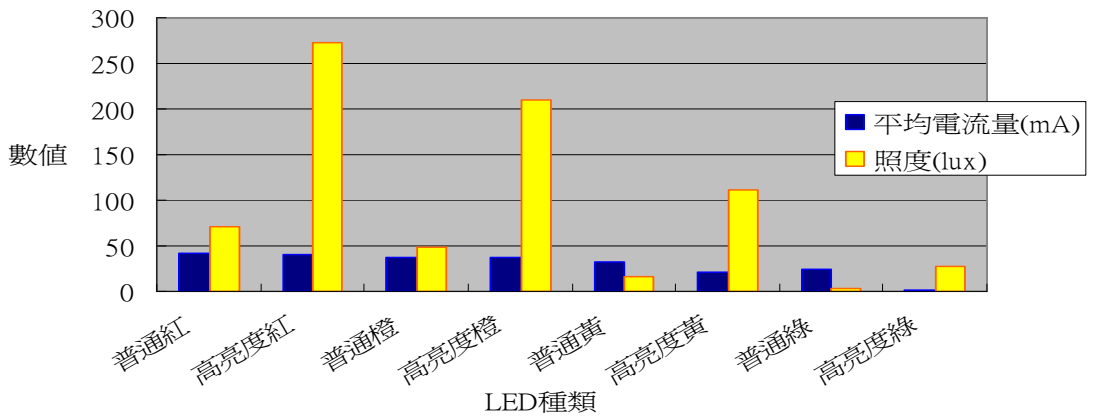
研究結果七：探討不同種類LED與導電性的關係

（一）實驗結果：

表 7：比較高亮度與普通 LED 在鹽水及蒸餾水中的電流量及照度

電流（mA） LED 燈顏色 / 水溶液		普通 LED				高亮度 LED			
		紅	橙	黃	綠	紅	橙	黃	綠
鹽水	1	41.2	38.2	33.2	25.6	41.8	36.9	20.8	1.12
	2	42.3	36.7	32.1	24.3	41.2	35.6	21.3	1.3
	3	41.8	37.5	31.2	25.1	42.3	36.4	20.8	1.16
	平均電流量	41.77	37.47	32.17	25.00	41.10	36.30	20.97	1.19
	照度(lux)	70.6	48.6	16.7	3.8	273.1	210.3	111.4	27.4
	目視	很亮	很亮	亮	微亮	很亮	很亮	很亮	很亮
蒸餾水	1	0.011	0.010	0.08	0.07	0.09	0.08	0.08	0.011
	2	0.012	0.009	0.08	0.06	0.09	0.09	0.07	0.011
	3	0.012	0.010	0.09	0.07	0.10	0.08	0.07	0.01
	平均電流量	0.012	0.010	0.083	0.067	0.093	0.083	0.073	0.060
	照度(lux)	0	0	0	0	0	0	0	0
	目視	不亮	不亮	不亮	不亮	微亮	微亮	微亮	微亮

圖33 比較高亮度與普通LED在鹽水中的電流量及照度



（二）我們的發現與討論:

1. 在鹽水中，紅色與橙色高亮度 LED 所測得電流量與紅色、橙色普通 LED 差異不大，但比較二者照度差距約四到五倍。
2. 在蒸餾水中雖然測得的照度值爲 0，但以肉眼觀察卻可看到微亮的情形（如圖 37），讓我們感到納悶，爲此我們上網搜尋了相關資料。我們發現原來高亮度 LED 外觀都是透明以提高亮度，結構中有聚焦碗杯及聚焦鏡面放大光源（如圖 34），因此產生從不同角度觀察 LED 亮度，會有不同結果。
3. 以導電性不佳的蒸餾水來作爲 LED 靈敏度的測試液，發現雖然黑暗中照度均爲 0，但打開紙盒以肉眼觀察傳統 LED 不亮，高亮度 LED 卻有微弱亮度。其中，紅色在微弱電流中，亮度較其他顏色高是最爲推薦材質（如圖 39）。

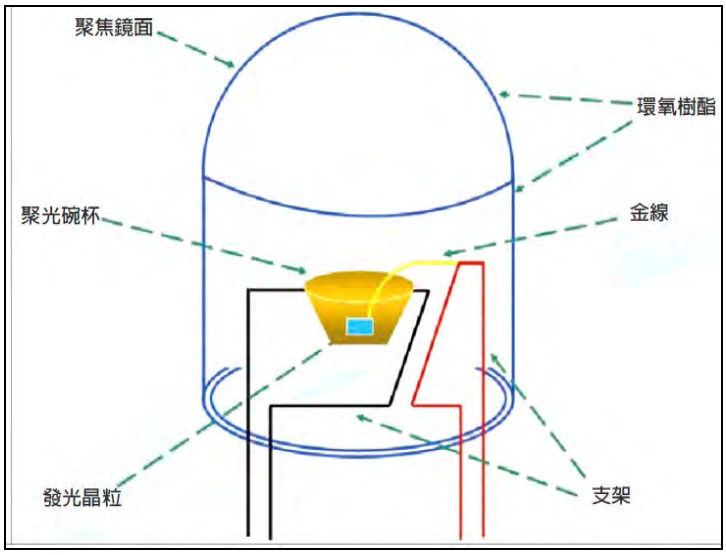


圖34 高亮度LED內部構造

資料來源：潘錫銘（2009）。認識發光二極體。科學發展，435，6~11。

圖 35 LED 的接線兩端有長短、正負極之分。

圖 38 上方爲高亮度 LED，下方爲普通 LED。

圖 36　仔細從斜上方看，蒸餾水亦使綠色高亮度 LED 發出微弱的光，但亮度不夠高，無法使照度計感應到光線，照度值爲 0 lux。

圖 39 紅色高亮度 LED，亮度高。

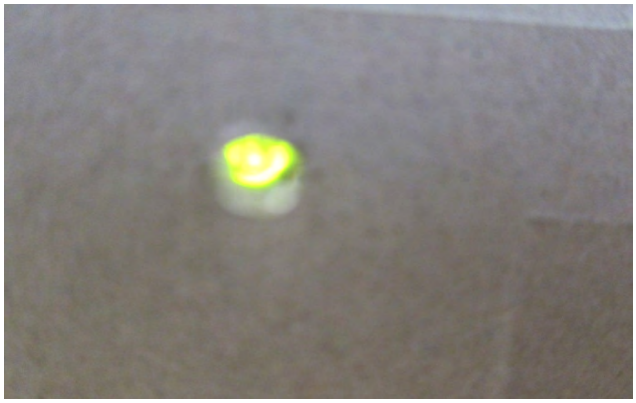


圖 37　雖然照度值爲 0 lux，但從正前方看綠色高亮度 LED 有亮，表示蒸餾水可導通電流。

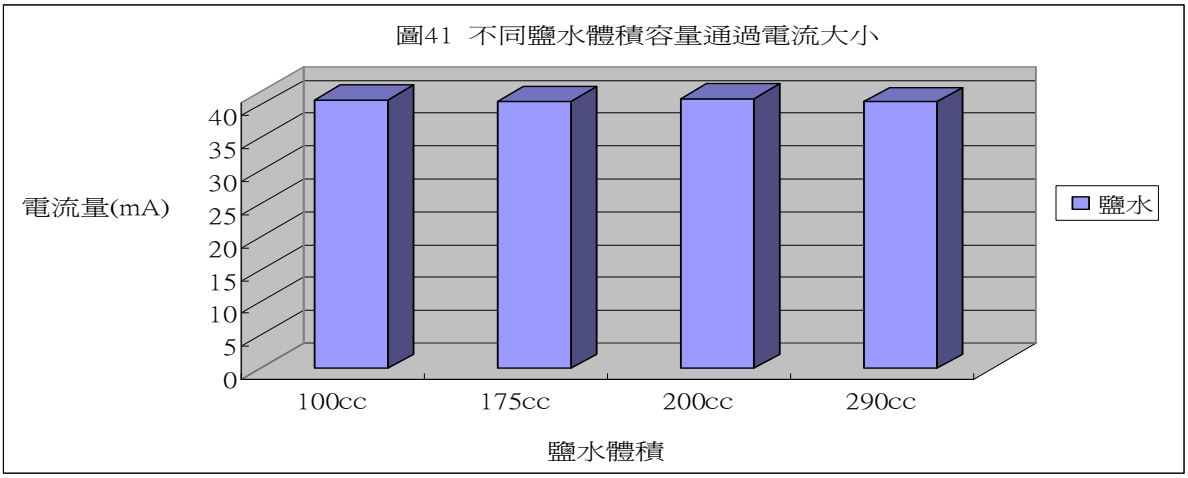
圖 40 電流量小時普通 LED，亮度不明顯。

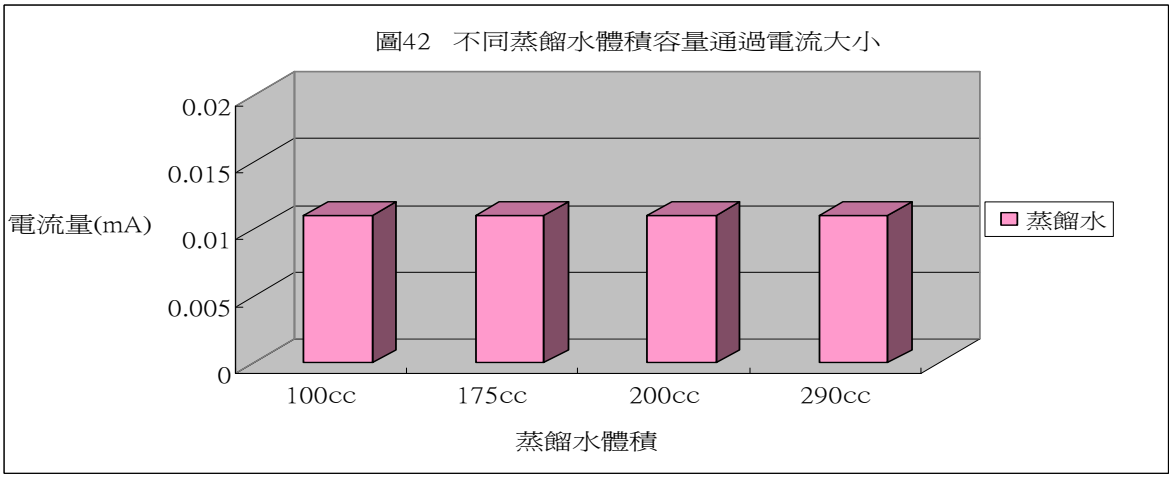
研究結果八：探討水溶液的多寡對導電性是否有影響

（一）實驗結果：

表 8：不同水量通過電流大小

水溶液 \ 電流(mA) \ 5 公分高水體積		100ml 燒杯	250ml 燒杯	500ml 燒杯	1000ml 燒杯
		100 cc	175 cc	200 cc	290 cc
鹽水	1	40.3	40.1	39.8	40.3
	2	41.2	40.2	40.5	39.7
	3	42.1	39.6	41.2	41.5
	4	40.1	41.2	42.3	40.8
	5	40.3	42.1	41.5	40.6
	平　均	**40.8**	**40.64**	**41.06**	**40.58**
	高亮度 LED 照度(lux)	272.3	271.1	270.1	270.8
	目　視	很亮	很亮	很亮	很亮
蒸餾水	1	0.010	0.012	0.010	0.012
	2	0.012	0.010	0.011	0.012
	3	0.011	0.011	0.010	0.010
	4	0.010	0.0111	0.012	0.011
	5	0.011	0.011	0.010	0.012
	平　均	0.011	0.011	0.011	0.011
	高亮度 LED 照度(lux)	0	0	0	0
	目　視	微亮	微亮	微亮	微亮





（一）我們的發現與討論：

1. 不論是鹽水或蒸餾水，水量多寡並不影響電流量數據。
2. 不論是鹽水或蒸餾水，只要是以插入水中的深淺是 5 ㎝，鋼釘相隔的距離是 1 ㎝，無論水量多或少，測量出來的電流量落差不大。
3. 因此，我們建議測試水溶液的導電性實驗，水溶液體積（如圖 43）不是影響測量數值的關鍵，適量即可，避免資源浪費。

圖 43　不同容積燒杯，相同水溶液高度下，進行電流量測量。

研究結果九：設計簡易又準確的導電檢測筆

研究導電裝置，設計最佳導電檢測筆。

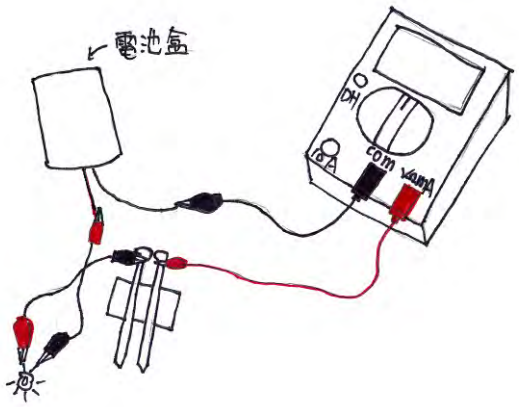


圖44　第一代實驗裝置以課本的設計出發，加上三用電錶檢測電流量。

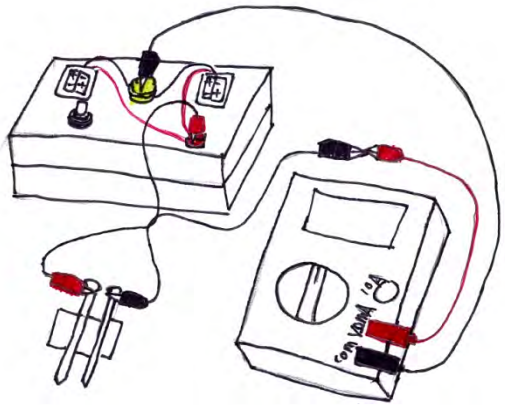


圖45　第二代實驗裝置使用二組2顆的3號電池，方便電池替換，降低電力消耗帶來的誤差。

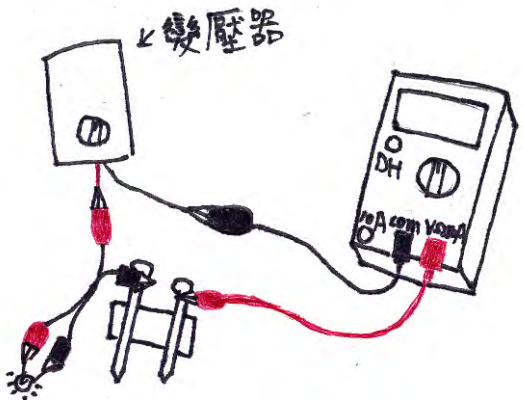


圖46　第三代實驗裝置利用可調式變壓器轉換教室的交流電源變爲直流電，降低回收電池的數量，也提供穩定電流量。

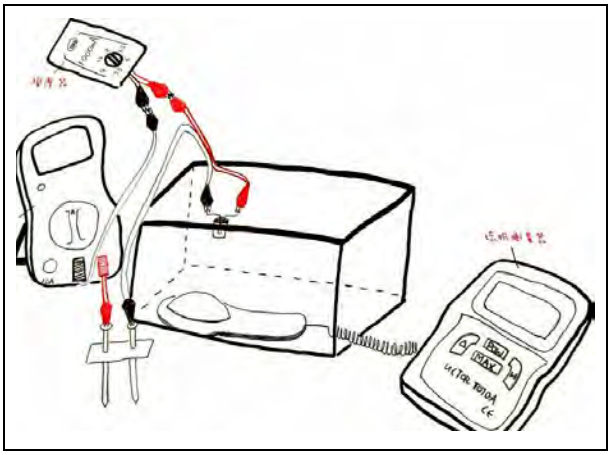
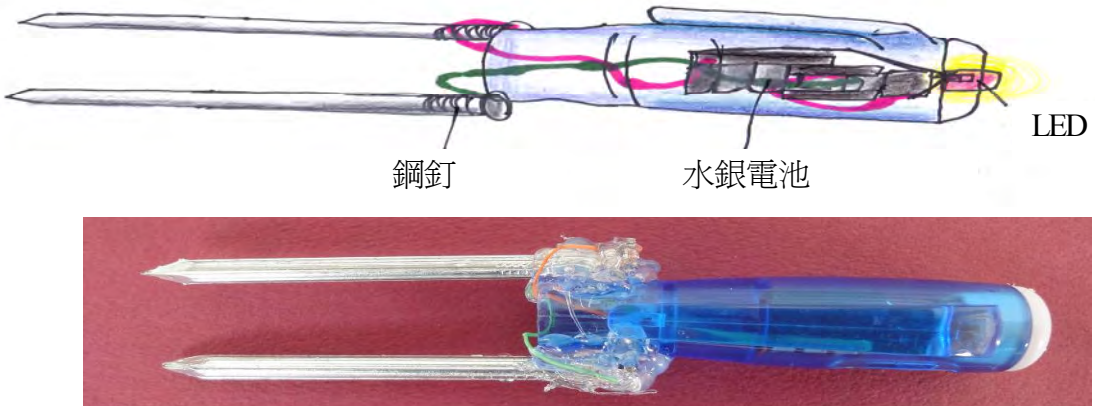


圖47　第三代實驗裝置將LED放在紙盒製作的黑暗空間中，利用照度計將LED所產生的亮度量化，以觀察LED亮度和電流量間的關係。



自製導電檢測筆

圖48　改良式導電電極棒的優點：操作較精確，有效率，攜帶又方便。

圖 49　我們所設計的各樣導電檢測筆。

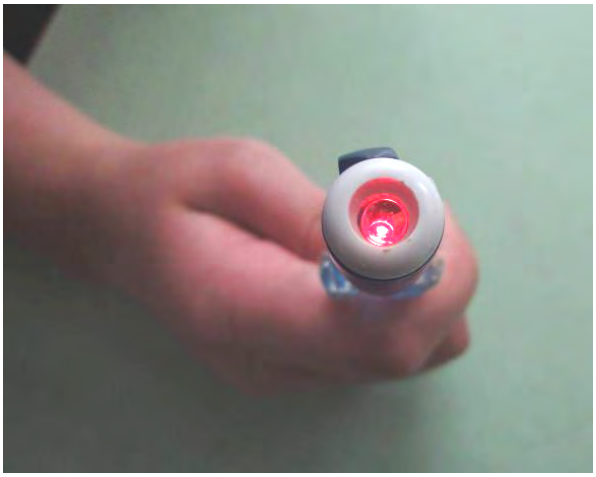


圖 50 即使是不良導體的人體，使用檢測筆亦可輕易驗證人體是導體。

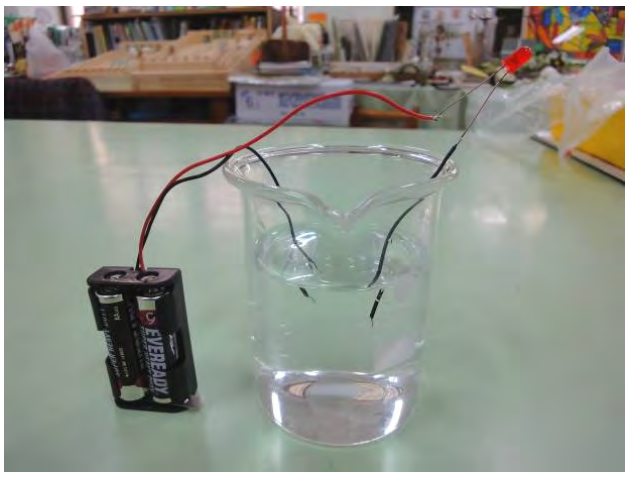


圖 51　利用課本的實驗裝置，燈沒亮。

圖 52　利用自製導電檢測筆，燈亮了。

圖 53　使用我們所設計的導電檢測筆，可使純水發出微弱光亮，讓同學思考課本中「燈沒亮」的原因，作爲延伸學習的教具。

陸、討論

一、我們使用在家裡可以隨手可得的材質來製作電極棒，不必多花錢，就可以方便的製作。

二、電池的電力隨著時間消耗後，電流量會降低，因此，我們使用可調式變壓器轉換教室中的交流電爲直流電取代電池，提供較穩定的電流量。

三、鐵釘和銅線在通電過程中，通過電流越強，金屬與水溶液反應的狀況越激烈。時間越久，鐵釘測得電流量越大，銅線測得電流量卻越小，都是不穩定的電極棒材質，不建議使用。

四、實驗時，將檢測筆通電後，並放入鹽水中檢測，明顯發現正極的地方會冒出許多泡泡，不知是什麼氣體，可進一步透過實驗求證。

五、電極棒與水溶液接觸部分若發現有其他的變化，建議要換新，不然會影響數據。

六、每次進行實驗前，都要用純水將杯子及電極棒洗滌乾淨，避免影響實驗數據。

七、測試電極棒距離時，避免二極之間的直接接觸，以免損害變壓器。

八、選擇日常生活中的水溶液實驗時，發現油類不溶於水，所以沒有使用油來檢測。

九、我們觀察教科書出版商提供的紅色 LED 的外型是屬於傳統 LED，以微弱的電流測試不亮，新一代高亮度 LED 卻會亮，表示 LED 的構造與靈敏度不同。

十、當電流量太小，無法使一般的 LED 燈亮，會誤認爲蒸餾水無法導電，但利用我們研發出的檢測筆是可改良實驗的結果。

十一、高亮度 LED 燈的靈敏度高，亮度與電流量呈正相關，價格便宜約二到五元，是可以取代三、四百元三用電錶做簡易測試的好工具。

柒、結論

一、我們所取得的日常生活水溶液均具導電性，電流最大爲鹽水，電流最小蒸餾水。

二、日常生活的材質，導電性最佳的是銅線，最差的是碳棒，但銅線電流量會隨時間下降，因此建議以鋼釘作爲電極棒。

三、電極棒相隔的距離越近，導電性就越好，建議以1公分最佳。

四、電極棒與水接觸面積越大，導電性越好。因此，插入水溶液中的深度，以5公分爲最佳；鋼釘直徑以0.42公分最佳（相同金屬直徑，直徑越粗爲越佳）。

五、LED的選擇建議以高亮度的紅色LED燈較佳。

六、水量的多寡並不影響電流量，檢測時適量即可，避免浪費。

七、使用自製導電檢測筆靈敏度高，價格便宜，是檢測水溶液具導電性的好幫手。

捌、參考資料及其他

一、李萬吉(2010)。一手就能完成水溶液導電性檢測。自然通訊， 26，26~28。台北縣：康軒文教事業。

二、邱紀良（2005）。電解質水溶液會導電？。科學發展，393，66~71。

三、蘇建中（2010）。自然與生活科技-國小五下第二章水溶液的性質。台南市。南一。

四、潘錫銘（2009）。認識發光二極體。科學發展，435，6~11。

五、林春輝（1994）。《新編光復科學圖鑑》。台北。光復。

六、山田卓三（2003）。科學魔術KIDS。台北縣。漢欣。

七、許丁龍（2002）。科學實驗。台北市。風車。

八、中華民國第40 屆中小學科展國小組化學科－水溶液導電情形的探討。

九、環保署，環署檢字第70017號公告：水中導電度測定方法－導電度計法，http://www.niea.gov.tw/niea/WATER/W20351B

和我們一起試著做做看，相信你也可以製作有趣的導電檢測筆。

【評語】080102

題材生活化，設計新穎簡便，可進一步改良電極形狀達到快速檢測目的。