

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生活與應用科學科

第三名

最佳創意獎

030808

包大人警濕器

學校名稱：臺中縣立新光國民中學

作者： 國二 詹家旻 國二 林岳軒 國二 蔡宗穎 國二 陳柏霖	指導老師： 楊憲章 葉碧琦
---	---------------------

關鍵詞：尿布、電解質、警示

包大人警溼器

摘要

行動不變的老人，尿濕了有時並不自覺，而過多的查看，除了造成不便外，在冬天也容易導致感冒著涼，尿布警溼器於尿布溼至適當程度時發出聲響，可提醒看護者即時更換尿布，保持被照顧者的皮膚乾爽舒適，以避免溼疹、尿布疹等皮膚病變，也可使看護者照顧起來輕鬆又安心。

壹、研究動機

在上學期中，老師曾經帶我們到老人養護中心去關懷那裡的老人。有些老人身有重病，長年臥病在床，在生活起居上有諸多不便，甚至連更衣、如廁，都需要靠人幫助；也因為行動不變，所以，絕大部分的患者，都穿上紙尿褲，但有的病人當尿溼時，沒辦法開口說話，因此義工們常常沒辦法即時替老人換新的尿布，而溼的紙尿布常會讓他們產生不適感，甚至引發溼疹，因此我們決定要研究出一種能在適當時機提醒看護者換尿布的器具，正好我們在二下的自然課本中學到了「電解質」的內容，於是我們幾個開始討論，是否可利用尿液的導電性製作出「尿布警溼器」呢？在請教老師之後，我們便著手進行研究。

貳、研究目的

- 一、測試尿液電壓與電流間的關係
- 二、探討不同電極及間距與電流間的關係
- 三、探討各廠牌尿布的吸水情形
- 四、製作主動式尿布警溼器

參、研究器材

燒杯 50ml(數個)、量筒 50ml(一個)、試管 (八支)、刮勺、洗滌瓶、玻璃棒、秤量紙、注射筒 50ml(2 支)、蒸餾水、膠帶、美工刀、螺絲起子、銅線數條、竹筷一支、橡皮筋、成人紙尿布 (添寧、包大人、怡親安) 各數片、軟墊數片、金屬片、廣用試紙、直流電源供應器、鱷魚夾導線、電子三用電表、電子秤、蜂鳴器、電池座、1.5 伏特電池數個、電晶體、電阻、藍墨水。50

肆、研究過程

一、測試尿液電壓與電流間的關係

(一)、實驗步驟：

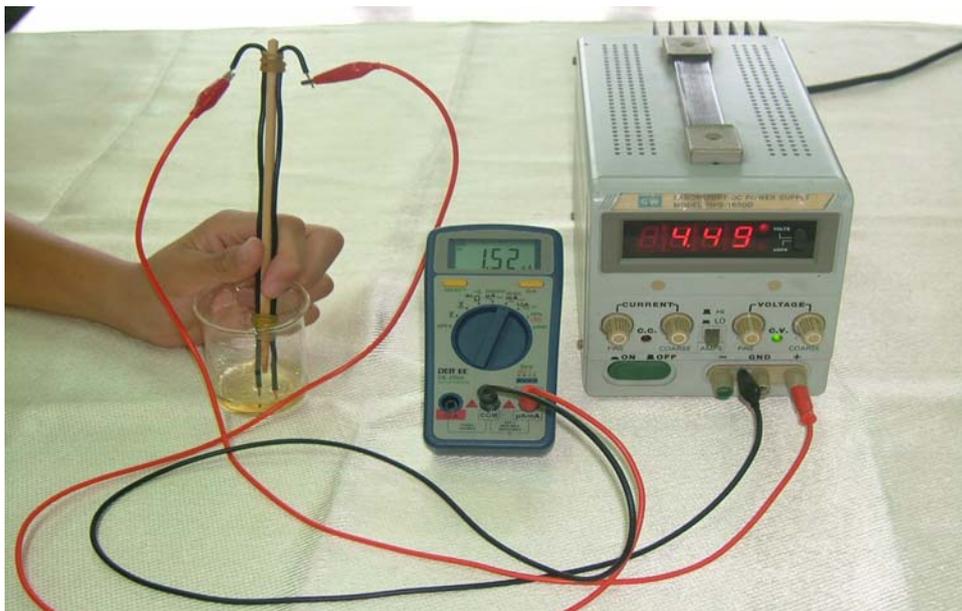
1. 首先採集學校不同年齡層 5 位老師、5 位同學及 5 位 6 歲以內小孩的尿液，取其混合體積各 20ml，分別裝入五杯燒杯中，另取自來水、RO 逆滲透水體積各 20ml，分別裝入二杯燒杯中，如圖(一)。
2. 以玻璃棒沾取七杯燒杯內的溶液，分別滴在廣用試紙上，檢測酸鹼性，如圖(二)。
3. 取一般市面上最容易取得的粗銅線 2 支、竹筷一支和橡皮筋 2 條，組裝成電極棒。
4. 將電源供應器、三用電錶、導線與電極棒連接起來，如圖(三)。
5. 固定電極間距為一公分，將電極棒浸入第一杯溶液中，把直流電源開關打開，調整電壓為 1.5V、3V、4.5V、6V、7.5V、9V 測量其電流大小，並記錄。
6. 以蒸餾水沖洗電極後，更換另一杯溶液，重複步驟 5 的操作方法，依序測量其他杯溶液的電流大小，並記錄，如表(一)。



圖(一) 尿液、自來水、RO 逆滲透水



圖(二) 五種不同年齡層尿液的 pH 值



圖(三) 測試尿液的電壓與電流關係之電路圖

(二) 實驗結果與記錄：

1. 不同年齡層的尿液、自來水以及 RO 逆滲透水電壓與電流間的關係如下表（一）：

表（一）不同年齡層尿液、自來水、RO 逆滲透水電壓與電流間的關係

電壓 溶液	1.5 伏特 (V)	3.0 伏特 (V)	4.5 伏特 (V)	6.0 伏特 (V)	7.5 伏特 (V)	9.0 伏特 (V)
1 號杯 (6 歲以內)	0mA	0.73mA	1.55mA	2.36mA	3.14mA	3.92mA
2 號杯 (6-15 歲)	0mA	0.70mA	1.53mA	2.35mA	3.13mA	3.92mA
3 號杯 (15-30 歲)	0mA	0.70mA	1.59mA	2.39mA	3.18mA	3.96mA
4 號杯 (30-40 歲)	0mA	0.70mA	1.60mA	2.38mA	3.13mA	3.93mA
5 號杯 (40-60 歲)	0mA	0.70mA	1.55mA	2.33mA	3.14mA	3.92mA
自來水	0mA	0.69mA	1.53mA	2.33mA	3.11mA	3.89mA
RO 逆滲透水	0mA	0.68mA	1.51mA	2.32mA	3.11mA	3.88mA

(三) 討論：

1. 從以上結果發現混合的尿液大部分呈現弱酸性；而不同年齡層的尿液，在固定電壓下測出的電流，最大差異約在 **0.07 mA** 以內，電流大小相差並不明顯，表示年齡層與尿液的導電度沒有太大的關係。
2. 由表（一）可發現，當電壓固定為 1.5 伏特時，1~5 號杯的尿液、自來水、RO 逆滲透水其電流值皆為 0 毫安，於是我們將三用電錶測電流的轉鈕，由 mA（毫安培）調整到 μA （微安培）時，電錶的顯示仍然為 0 微安，但當電壓增加至 3 伏特~9 伏特時，就能明顯測出各杯溶液的電流值了，由此可知這些溶液在電壓很低的時候（例如：電壓為 1.5 伏特），會變得不容易導電，甚至利用電子三用電錶也很難測出其微電流值。
3. 由實驗中得知：真正的尿液保存並不容易，除了品質難以控制外，衛生也堪慮，從表（一）我們發現 RO 逆滲透水和自來水其導電度與真正的尿液相差無幾，故我們決定以最容易取得的自來水，來進行後面的研究。

二、探討不同電極及間距與電流間的關係

實驗一：測量不同電極與電流間的關係

(一)、實驗步驟：

1. 分別採集學校不同年齡層 5 位老師、5 位同學及 5 位 6 歲以內小孩的尿液，再取其混合體積各 20ml，分別裝入燒杯中，另取自來水、RO 逆滲透水體積各 20ml，分別裝入二杯燒杯中。
2. 取金、銀、鎳、錫四種不同材質的金屬各兩片、竹筷四支和橡皮筋八條，組裝成四種金屬電極棒。
4. 將電源供應器、三用電錶、導線與電極棒以串聯方式連接起來。
5. 固定各種金屬電極棒間距為一公分，將鍍鎳電極棒浸入第一杯溶液中，把直流電源開關打開，調整電壓為 1.5V、3V、4.5V、6V、7.5V、9V 測量其電流大小，並記錄，如表(二)。
6. 以蒸餾水沖洗電極後，更換另一電極棒，調整電壓為 1.5V、3V、4.5V、6V、7.5V、9V，依序測量其他各溶液的電流大小，並記錄，如表(三)。
7. 重複步驟 6 的操作方法，並記錄，如表(四)、表(五)。

(二) 實驗結果與記錄：

1. 因為在研究目的(一)中，我們使用銅棒作電極，測試上述溶液電壓與電流間的關係，並將該結果記錄於表(一)，於此不再重複記錄，只在第三點討論中和其他不同的電極做的實驗一起分析與比較。
2. 以鍍鎳棒做電極測出不同年齡層尿液、自來水、RO 逆滲透水其電壓與電流間的關係如表(二)：

表(二) 不同年齡層尿液、自來水、RO 逆滲透水其電壓與電流間的關係表

電壓 溶液	1.5 伏特 (V)	3.0 伏特 (V)	4.5 伏特 (V)	6.0 伏特 (V)	7.5 伏特 (V)	9.0 伏特 (V)
1 號杯 (6 歲以內)	0mA	0.70mA	1.54mA	2.34mA	3.14mA	3.87mA
2 號杯 (6-15 歲)	0mA	0.69mA	1.56mA	2.43mA	3.14mA	3.87mA
3 號杯 (15-30 歲)	0mA	0.69mA	1.56mA	2.43mA	3.18mA	3.91mA
4 號杯 (30-40 歲)	0mA	0.68mA	1.52mA	2.35mA	3.14mA	3.90mA
5 號杯 (40-60 歲)	0mA	0.70mA	1.54mA	2.33mA	3.11mA	3.88mA
自來水	0mA	0.68mA	1.52mA	2.34mA	3.12mA	3.90mA
RO 逆滲透水	0mA	0.70mA	1.55mA	2.32mA	3.14mA	3.88mA

3. 以錫棒做電極測出不同年齡層尿液、自來水、RO 逆滲透水其電壓與電流間的關係如表（三）：

表（三）不同年齡層尿液、自來水、RO 逆滲透水其電壓與電流間的關係表

電壓 溶液	1.5 伏特 (V)	3.0 伏特 (V)	4.5 伏特 (V)	6.0 伏特 (V)	7.5 伏特 (V)	9.0 伏特 (V)
1 號杯 (6 歲以內)	0mA	0.67mA	1.50mA	2.29mA	3.08mA	3.83mA
2 號杯 (6-15 歲)	0mA	0.68mA	1.50mA	2.29mA	3.09mA	3.88mA
3 號杯 (15-30 歲)	0mA	0.68mA	1.49mA	2.30mA	3.07mA	3.77mA
4 號杯 (30-40 歲)	0mA	0.71mA	1.53mA	2.35mA	3.13mA	3.88mA
5 號杯 (40-60 歲)	0mA	0.69mA	1.50mA	2.31mA	3.06mA	3.84mA
自來水	0mA	0.70mA	1.53mA	2.32mA	3.11mA	3.90mA
RO 逆滲透水	0mA	0.71mA	1.54mA	2.33mA	3.13mA	3.89mA

4. 以鍍銀棒做電極測出不同年齡層尿液、自來水、RO 逆滲透水其電壓與電流關係如表（四）：

表（四）不同年齡層尿液、自來水、RO 逆滲透水其電壓與電流關係表

電壓 溶液	1.5 伏特 (V)	3.0 伏特 (V)	4.5 伏特 (V)	6.0 伏特 (V)	7.5 伏特 (V)	9.0 伏特 (V)
1 號杯 (6 歲以內)	0mA	0.67mA	1.50mA	2.29mA	3.08mA	3.83mA
2 號杯 (6-15 歲)	0mA	0.68mA	1.50mA	2.29mA	3.09mA	3.88mA
3 號杯 (15-30 歲)	0mA	0.68mA	1.49mA	2.30mA	3.07mA	3.77mA
4 號杯 (30-40 歲)	0mA	0.71mA	1.53mA	2.35mA	3.13mA	3.88mA
5 號杯 (40-60 歲)	0mA	0.69mA	1.53mA	2.34mA	3.11mA	3.87mA
自來水	0mA	0.69mA	1.53mA	2.33mA	3.11mA	3.90mA
RO 逆滲透水	0mA	0.71mA	1.55mA	2.33mA	3.14mA	3.89mA

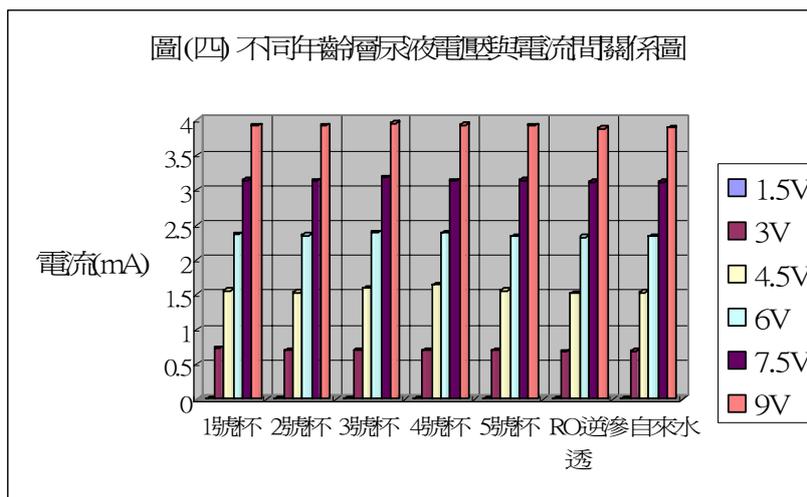
5. 以鍍金棒做電極測出不同年齡層尿液、自來水、RO 逆滲透水其電壓與電流關係如表(五)：

表(五) 不同年齡層尿液、自來水、RO 逆滲透水其電壓與電流關係表

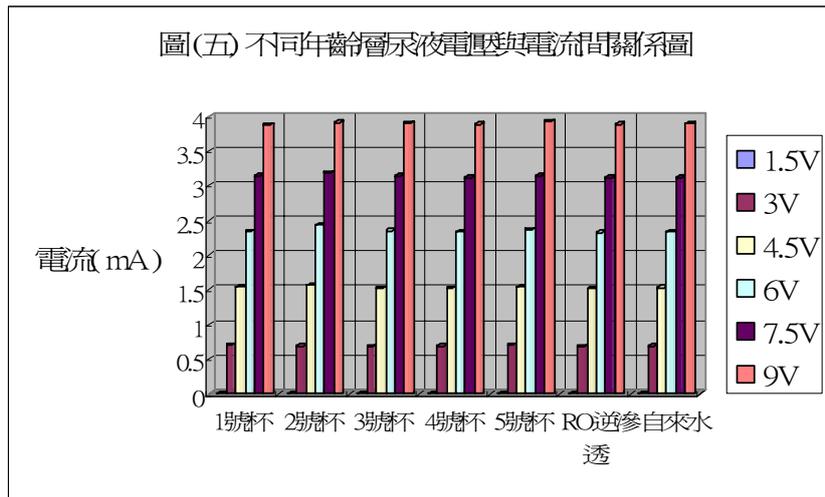
電壓 溶液	1.5 伏特 (V)	3.0 伏特 (V)	4.5 伏特 (V)	6.0 伏特 (V)	7.5 伏特 (V)	9.0 伏特 (V)
1 號杯 (6 歲以內)	0mA	0.70mA	1.54mA	2.31mA	3.11mA	3.86mA
2 號杯 (6-15 歲)	0mA	0.66mA	1.52mA	2.34mA	3.10mA	3.85mA
3 號杯 (15-30 歲)	0mA	0.67mA	1.50mA	2.29mA	3.08mA	3.86mA
4 號杯 (30-40 歲)	0mA	0.73mA	1.56mA	2.33mA	3.12mA	3.90mA
5 號杯 (40-60 歲)	0mA	0.68mA	1.53mA	2.33mA	3.11mA	3.88mA
自來水	0mA	0.69mA	1.53mA	2.33mA	3.11mA	3.90mA
RO 逆滲透水	0mA	0.71mA	1.55mA	2.32mA	3.14mA	3.89mA

5. 將表(一) ~ 表(五) 製作成圖形，進行分析與討論。

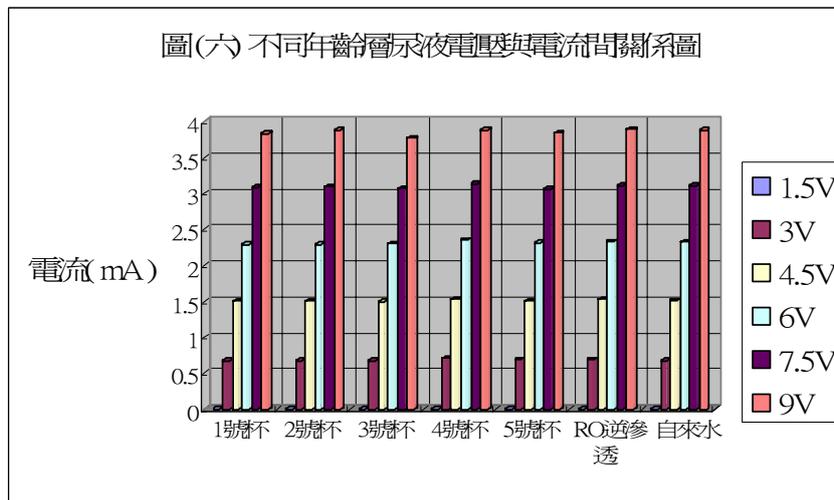
(1) 以銅棒做電極測試各年齡層的尿液、自來水與 RO 逆滲透水電壓與電流關係圖



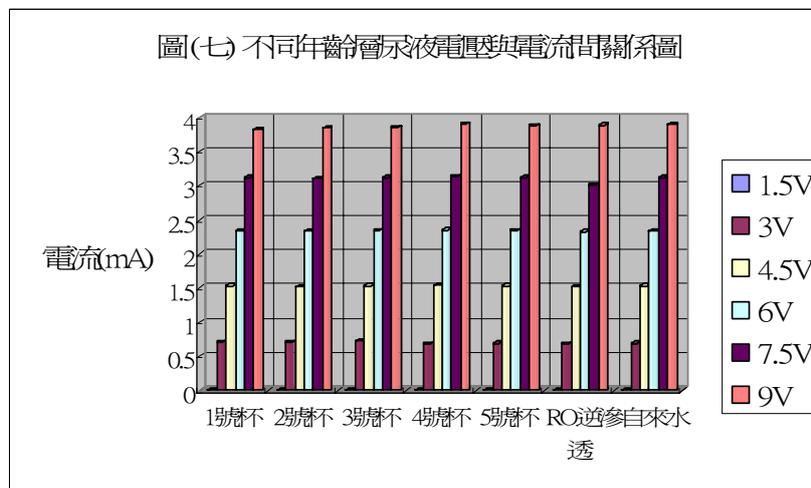
(2) 以鍍鎳棒做電極測試各年齡層的尿液、自來水與 RO 逆滲透水電壓與電流關係圖



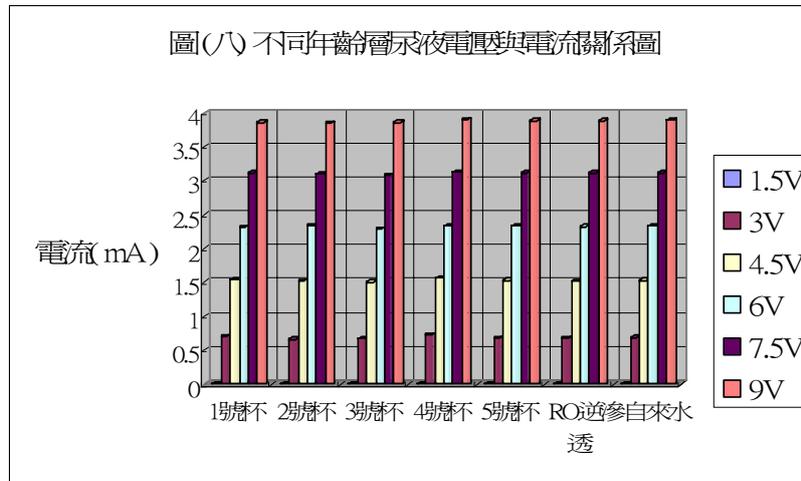
(3) 以錫棒做電極測試各年齡層的尿液、自來水與 RO 逆滲透水電壓與電流關係圖



(4) 以鍍銀棒做電極測試各年齡層的尿液、自來水與 RO 逆滲透水電壓與電流關係圖



(5) 以鍍金棒做電極測試各年齡層的尿液、自來水與 RO 逆滲透水電壓與電流關係圖



(三) 討論：

1. 由測量不同電極與電流間的關係實驗中，我們想要找出最適合用做「尿布警濕器」的電極材料，但從結果記錄發現，各種鍍覆金屬電極棒，在尿液、自來水與 RO 逆滲透水中，固定電壓下測出的電流均很小，最大差異也約在 **0.08 mA** 以內，因此很難判斷出各種鍍覆金屬電極棒的導電效果何者最佳。
2. 查閱相關資料，我們得知金屬導電度大小依序為： $Ag > Cu > Au > Ni > Sn$ 。但為什麼實驗的結果與查閱的資料不符合？經過不斷討論後，我們分析了以下幾種可能：(1) 我們所使用的電極棒大部分是從不要的電子零件中拆下來製作的，而製成的電極，其接觸面積和所接的導線長短並不相同，可能影響其導電效果(2) 實驗用的溶液均是當日採樣的新鮮尿液，在尿液溫度上並沒有嚴格控制，因此溶液溫度也可能影響導電效果(3) 尿液是弱電解質溶液，加上本身成分比較複雜，當利用各種電極棒去測電流大小時，若實驗者未控制好接觸溶液的時間，也可能導致發生化學變化，而影響導電效果。
3. 基於成本考量，鍍銀的金屬棒雖然導電度最佳，相對的成本也較高；鍍金的金屬棒，雖可耐酸鹼但價格昂貴，使用並不普遍。至於銅棒導電度排第二位，價格也較便宜似乎是不錯的考量，但置於空氣中表面易變黑，沒有金屬光澤，所以我們最後選擇導電度適中、外表美觀、成本較經濟的鍍鎳棒來當作「尿布警濕器」中感應用的電極。

實驗二：測量不同電極的間距與電壓間的關係

(一)、實驗步驟：

1. 取新鮮的尿液，體積 20ml，裝入燒杯中。
2. 取金、銀、鎳、錫、銅五種不同材質的金屬各兩片、竹筷五支和橡皮筋 10 條，組裝成五種電極棒。
3. 將電源供應器、三用電錶、導線與電極棒連接起來，如圖（三）。
4. 固定電極間距為 1 公分、0.8 公分、0.6 公分、0.4 公分、0.2 公分，再將鍍金棒電極棒浸入尿液中，把直流電源開關打開，調整電壓為 1.5V、3V、4.5V、6V、7.5V、9V 測量其電流大小，並記錄，如表(六)。
5. 以蒸餾水沖洗電極後，更換另一電極棒，重複步驟 4~5 的操作方法，依序測量各電極棒在不同間距的電流大小，並記錄，如表(七)、表(八)、表(九)、表(十)。

(二) 實驗結果與記錄：

1. 以鍍金棒做電極測試不同間距的鍍金電極電壓與電流關係，如下表(六)：

表 (六) 不同間距的鍍金電極電壓與電流關係

電壓 間距	1.5V	3V	4.5V	6V	7.5V	9V
0.2cm	0mA	0.68 mA	1.49 mA	2.32 mA	3.11 mA	3.84 mA
0.4cm	0 mA	0.66 mA	1.48 mA	2.28 mA	3.06 mA	3.80 mA
0.6cm	0 mA	0.65 mA	1.47 mA	2.27 mA	3.03 mA	3.79 mA
0.8cm	0 mA	0.63 mA	1.47 mA	2.27 mA	3.01 mA	3.78 mA
1.0cm	0 mA	0.64 mA	1.46 mA	2.26 mA	3.01 mA	3.78 mA

2. 以鍍鎳棒做電極測試不同間距的鍍鎳電極電壓與電流關係，如下表(七)：

表 (七) 不同間距的鍍鎳電極電壓與電流關係

電壓 間距	1.5V	3V	4.5V	6V	7.5V	9V
0.2cm	0 mA	0.64 mA	1.47 mA	2.23 mA	2.90 mA	3.84 mA
0.4cm	0 mA	0.65 mA	1.45 mA	2.14 mA	2.88 mA	3.82 mA
0.6cm	0 mA	0.63 mA	1.44 mA	2.12 mA	2.84 mA	3.79 mA
0.8cm	0 mA	0.62 mA	1.42 mA	2.16 mA	2.82 mA	3.77 mA
1.0cm	0 mA	0.67 mA	1.46 mA	2.25 mA	2.8 0mA	3.79 mA

3. 以銅棒做電極測試不同間距的銅棒電極電壓與電流關係，如下表(八)：

表 (八) 不同間距的銅棒電極電壓與電流關係

電壓 間距	1.5V	3V	4.5V	6V	7.5V	9V
0.2cm	0 mA	0.71 mA	1.53 mA	2.35 mA	3.13 mA	3.95 mA
0.4cm	0 mA	0.71 mA	1.54 mA	2.35 mA	3.14 mA	3.92 mA
0.6cm	0 mA	0.70 mA	1.55 mA	2.35 mA	3.13 mA	3.91 mA
0.8cm	0 mA	0.71 mA	1.54 mA	2.36 mA	3.15 mA	3.90 mA
1.0cm	0 mA	0.7 mA	1.54 mA	2.35 mA	3.13 mA	3.92 mA

4. 以鍍銀棒做電極測試不同間距的鍍銀電極電壓與電流關係，如下表(九)：

表 (九) 不同間距的鍍銀電極電壓與電流關係

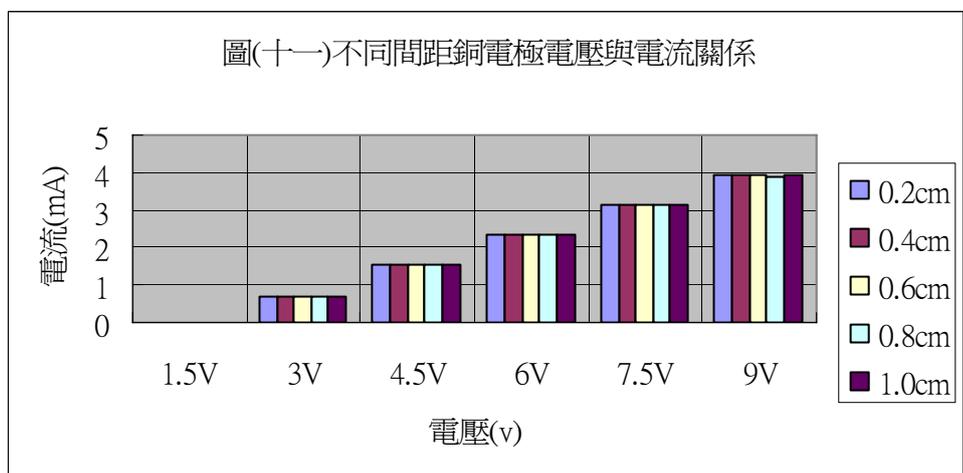
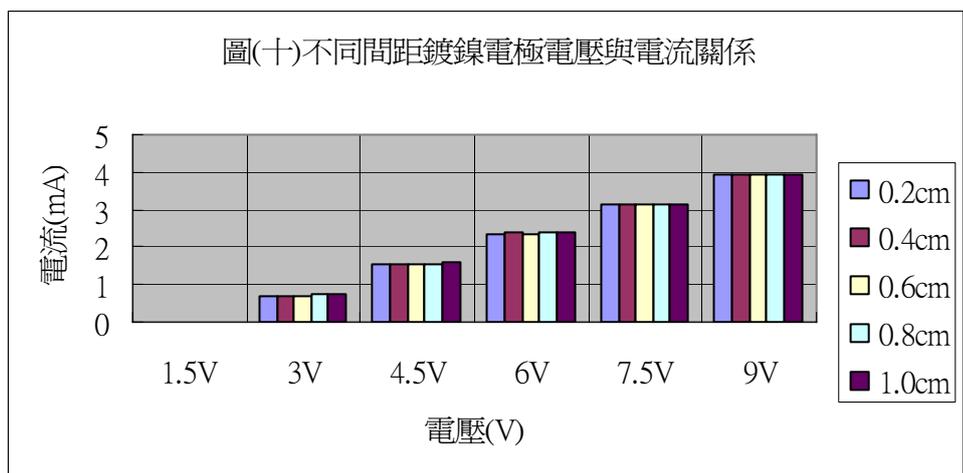
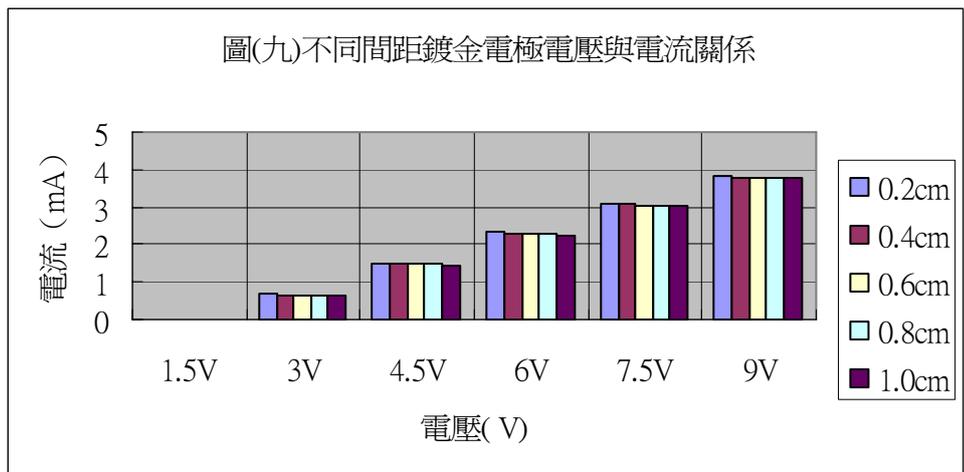
電壓 間距	1.5V	3V	4.5V	6V	7.5V	9V
0.2cm	0mA	0.70 mA	1.53 mA	2.32 mA	3.12 mA	3.88 mA
0.4cm	0 mA	0.69 mA	1.51 mA	2.3 mA	3.09 mA	3.84 mA
0.6cm	0 mA	0.68 mA	1.51 mA	2.31 mA	3.09 mA	3.83 mA
0.8cm	0 mA	0.67 mA	1.51 mA	2.30 mA	3.07 mA	3.83 mA
1.0cm	0 mA	0.68 mA	1.50mA	2.29 mA	3.06 mA	3.82 mA

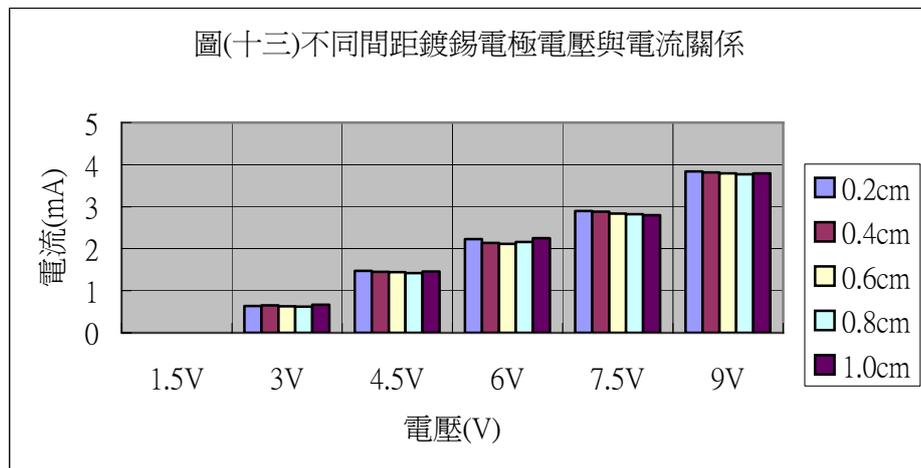
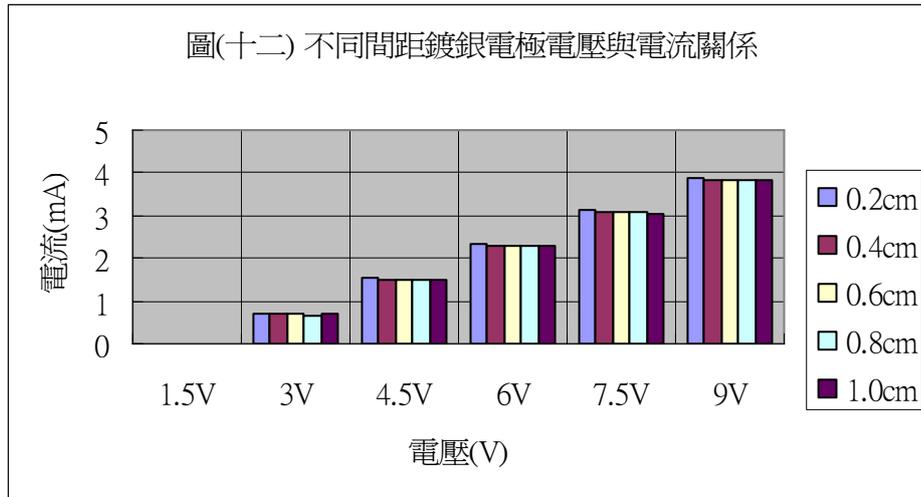
5. 以錫棒做電極測試不同間距的錫電極電壓與電流關係，如下表(十)：

表 (十) 不同間距的錫電極電壓與電流關係

電壓 間距	1.5V	3V	4.5V	6V	7.5V	9V
0.2cm	0 mA	0.64 mA	1.47 mA	2.23 mA	2.9 mA	3.84 mA
0.4cm	0 mA	0.65 mA	1.45 mA	2.14 mA	2.88 mA	3.82 mA
0.6cm	0 mA	0.63 mA	1.44 mA	2.12 mA	2.84 mA	3.79 mA
0.8cm	0 mA	0.62 mA	1.42 mA	2.16 mA	2.82 mA	3.77 mA
1.0cm	0 mA	0.67 mA	1.46 mA	2.25 mA	2.8 mA	3.79 mA

6. 將表(六) ~ 表(十)製作成圖(九) ~ 圖(十三)。





(三) 討論：

1. 根據圖（九）～ 圖（十三），發現電流大小隨電極間距變大而減小，但變化量不會很大，所以為確保通過蜂鳴器的電流夠大，所以我們選用 0.2 cm當作「尿布警溼器」的電極間距。
2. 因人體的一部分接觸到外面電流時，會有某程度的電流通過人體，此電流若在某一範圍以內，對人體是不會造成危害的；倘若超出某一範圍，可能造成可復原性的傷害；若再超出一特定範圍時，就會對人體產生永久性的傷害，即通稱的感電災害。感電程度又依通過人體電流的大小、時間、頻率、路徑、體重等有關。
3. 為了使用者安全考量，電流愈低愈好，由表（六）至表（十）發現：固定電壓 1.5V 時其電流趨近於 0，而固定電壓 3V 時其電流於不同間距最大值僅為 0.71 mA 直流電流（最小的感知電流為 3.5 mA），是非常小的弱電流，對使用者相當安全，不會有電的感覺及刺激，因此「尿布警溼器」電池電壓擬採用 3V。

表（十一）一般電流通過人體所造成的傷害表

感電影響	電流 (mA)					
	直流		60Hz 交流		10KHz 交流	
	男	女	男	女	男	女
感知電流： 開始有刺激	5.2	3.5	1.1	0.7	12	8
可脫逃電流： 肌肉尚可自由活動	62	41	9	6	55	37
不可脫逃電流： 肌肉無法自由活動	74	50	16	10.5	75	50
休克電流： 肌肉收縮、呼吸困難	90	60	23	15	94	63
心臟麻痺電流： 心室室攣、呼吸停止	500	500	100	100	500	500

三、探討各廠牌尿布的吸水情形

（一）實驗步驟：

1. 首先準備三種市面上較常使用的成人紙尿布（L）size，進行吸水性的實驗，廠牌分別為：添寧、包大人和怡親安。
2. 測量三種尿布的長度，以 10 公分為一個間隔，在尿布上做記號，並固定一個 P 點，模擬作使用者的尿尿處。如圖（十四）。
3. 取自來水當作模擬尿液，並加入一些藍墨水以方便觀察其吸水性。
4. 為了觀察紙尿布吸水後的擴散情形，將尿布掛成 U 型，像被照護者穿在身上一樣。如圖（十五）。
5. 以 50ml 的針筒吸取摻有藍墨水的模擬尿液，以每 10 分鐘注入 100ml 模擬尿液一次，連續測量一小時。每注入 100ml 模擬尿液一次，就觀察其吸水性及尿液的擴散情形，並記錄。



圖（十四）添寧、包大人、怡親安三種紙尿布



圖（十五）紙尿布吸水後的擴散情形

（二）實驗結果與記錄：

1. 以 P 點為中間點，每 10 分鐘注入 100ml 模擬尿液一次，經過連續測量一小時後，三種尿布吸水後自 P 點向外擴散的距離，結果如下表（十二）。

表（十二）三種尿布吸水後自 P 點向外擴散的距離

廠牌 \ 模擬尿液	100ml	200 ml	300 ml	400 ml	500 ml	600 ml
添 寧	10 cm	16 cm	×	×	×	×
包大人	8 cm	19 cm	22 cm	×	×	×
怡親安	10 cm	14 cm	17 cm	20 cm	25 cm	×

（二）討論：

1. 比較添寧、包大人、怡親安三種尿布，發現添寧從 P 點注入模擬尿液 200 ml 後，無法再吸收尿液，在 P 點附近會造成體積膨脹結塊，因此較易使患者覺得尿布有塊狀和重量，感覺不舒服。

- 包大人尿布的擴散情形與添寧很像，大約在 P 點注入模擬尿液 300 ml 後便造成體積膨脹結塊，無法再吸收尿液。
- 從實驗結果發現，怡親安尿布的擴散情形最好，不僅吸收量大而且可均勻擴散至 25 cm，是被照護者不錯的選擇。

四、製作尿布警溼器

(一) 探討顏色、燈光、聲音的警示作用

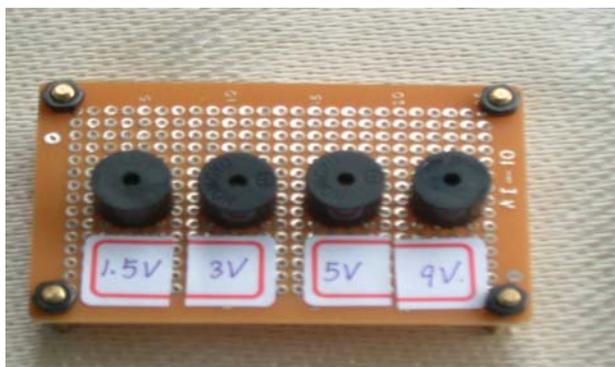
我們到大賣場觀察過，有些尿布有顏色的尿溼警示，有的沒有，通常有尿溼警示的以寶寶尿布居多，但成人紙尿布很少，因此我們將顏色、燈光、聲音的警示作用之「主動性」的優缺點比較作成簡單表格如下：

表（十三）顏色、燈光、聲音警示作用的優缺點

	顏 色	燈 光	聲 音
優 點	能顯示尿布溼到哪裡。	能在適當尿液量時發出警示燈光。	能在適當尿液量時發出警示音量。
缺 點	需常脫下褲子查看，造成照護者的不方便性。	需在視線範圍內，否則有視線死角。	需在安靜的環境中，若太吵雜，音量可能被淹沒而無法察覺。

(二) 探討蜂鳴器在各電壓的發聲效果

- 我們選擇四種不同電壓的蜂鳴器，如圖（十六）。接上 1.5V、3.0V、5.0V、9.0V 電壓的電池，然後請 4 位同學站在距離蜂鳴器前、後、左、右各 6 公尺處，試聽不同蜂鳴器在各種電壓的發聲效果，結果如表（十四）。



圖（十六）四種不同電壓的蜂鳴器

表（十四）不同蜂鳴器在各種電壓的發聲效果

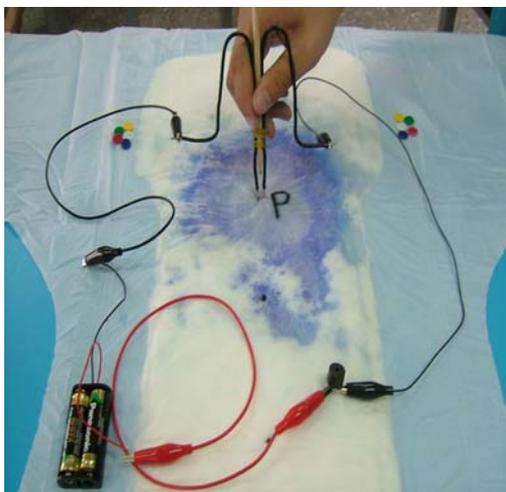
蜂鳴器（適用電壓）	1.5V	3.0V	4.5V	6.0V	7.5V	9.0V
甲（1.5V）	√	√	√	√	√	√
乙（3.0V）	√	√	√	√	√	√
丙（5.0V）	√	√	√	√	√	√
丁（9.0V）	√	√	√	√	√	√

2. 表（十四）中√代表聽得清楚，表示蜂鳴器在 1.5V~9.0V 之間皆能正常發出警示且音量不會毀損。
3. 發現適用電壓小的蜂鳴器，若接在電壓較大的電池下，則蜂鳴器的音量會較大；反之則音量較小。例如：適用電壓為 1.5V 的蜂鳴器，若接在 4.5V 電池下的聲音會大於接在 1.5V 的電池音量。

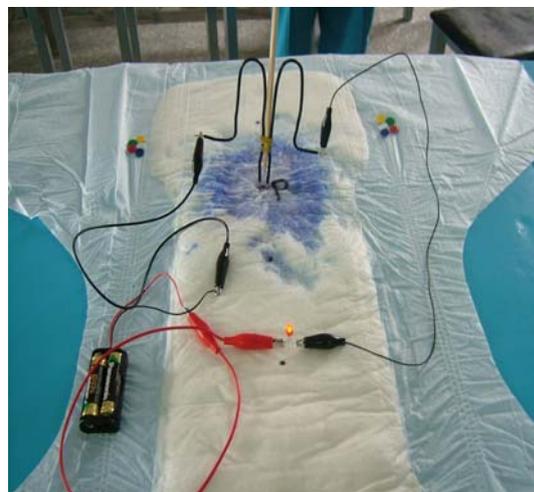
（三）製作尿布警溼器

1. 製作步驟與過程：

- （1）取前面探討過吸水性最好的怡親安尿布一個，以 10 cm 為一個間距，點上記號，並註明一點 P 點。
- （2）準備兩支粗銅線與筷子用橡皮筋綁在一起，調整其電極間距為 0.2 公分作為電極棒。
- （3）取自來水摻入藍墨汁作為模擬尿液，再以兩支 50ml 的針筒吸取溶液備用。
- （4）將電極棒以導線串聯蜂鳴器與電池（固定電壓為 3 伏特），把已吸取模擬尿液的針筒，從尿布上標示的 P 點依序注入 100ml、200ml、300ml，測量蜂鳴器是否發出聲音？如圖（十七）。



圖（十七）串聯蜂鳴器的電路圖



圖（十八）串聯 LED 燈的電路圖

2. 結果：

- (1) 剛注入 100ml 模擬尿液時，溶液很快就被尿布吸收到下層或往旁邊擴散，用手去摸，發覺表層是乾的，再繼續注入 200ml，結果仍然相同，直到注入約 300ml 時，才感覺表層比較溼，此時用電極棒連接 3V 電壓測試蜂鳴器（1.5V），結果不能發出聲音。
- (2) 固定電壓為 3 伏特，依序測量接 3V、5V、9V 的蜂鳴器，仍然無法發出聲音。

3. 討論：

- (1) 我們依序測量接 1.5V、3V、5V、9V 的蜂鳴器，皆無法使其發出聲音，但根據前面的實驗，利用相同裝置卻可測出模擬尿液的電流大小，就表示有電流通過，於是我們把蜂鳴器拆下，換接上紅色 LED 燈，如圖（十八），卻發現 LED 燈會發亮，這個結果讓我們覺得很納悶。

因此，爲了探討這其中的差異，我們決定再做個實驗，也就是將直流電流供應器固定電壓為 3 伏特，然後串聯電子三用電錶和紅色 LED 燈，然後測量能使 LED 燈發亮的最小電流為多少？再以相同裝置，將紅色 LED 燈換成適用電壓為 1.5V 的蜂鳴器，使之形成一個迴路，再測量能使蜂鳴器發出聲音的電流，然後兩者來比較。結果發現能使紅色 LED 燈發亮的最小電流為 0.6mA，而能使適用電壓為 1.5V 的蜂鳴器正常發出聲音的電流是 24.8 mA。由此測試我們知道了其中的差異。所以，如果能將通過蜂鳴器的電流放大，應該就能啓動蜂鳴器而讓尿布產生警示的作用。因此，我們決定請教老師，以改善這個部份。

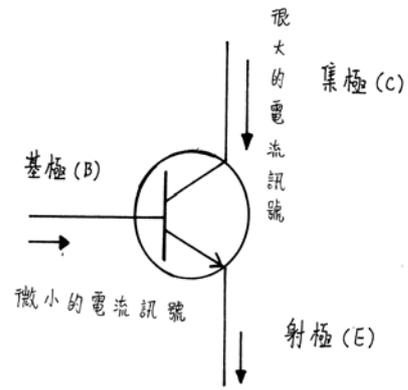
- (2) 爲了考慮電極棒能放入尿布中，且對被照顧者不會造成傷害，並藉由尿液能夠導電的原理，使蜂鳴器產生警示作用，因此我們將前面製作的電極棒，改良成利用兩片鍍鎳金屬與導線連接，再把它固定在一個軟墊上的電極片，最後利用魔術貼可使它黏貼在尿布上，如圖（十九）。

4. 修正：

- (1) 經過老師的指導，使我們了解到可以利用「電晶體」來放大電流。因爲電晶體像是一個開關，是一種有放大作用的元件。共有三隻腳，分別稱爲基極（B 極）、射極（E 極）、和集極（C 極）。如圖（二十）。

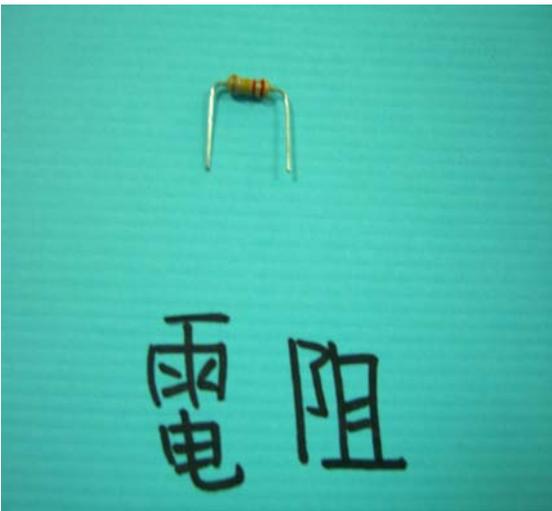


圖（十九）改良後的感應電極

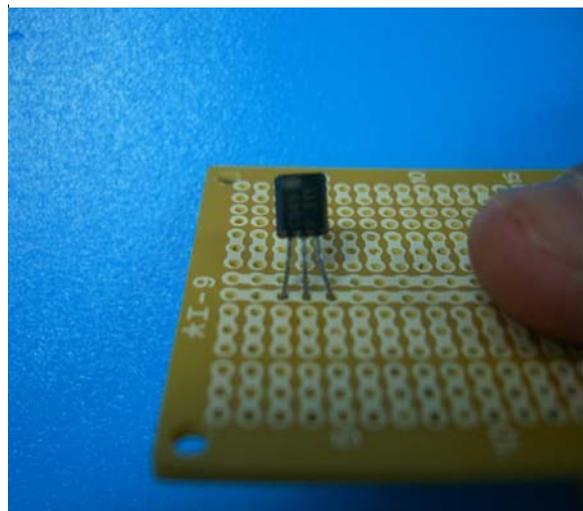


圖（二十）電晶體

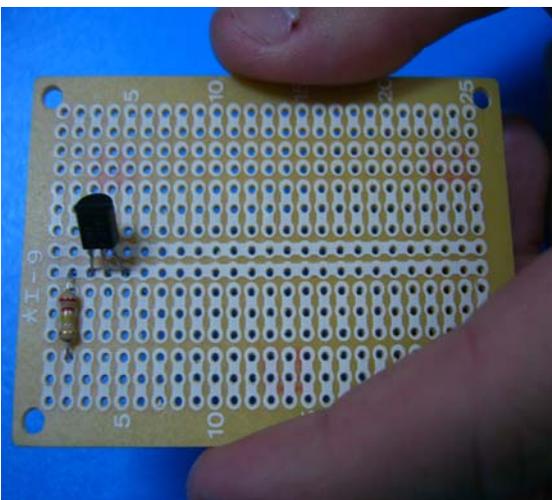
(2) 我們利用電晶體的原理，將電阻如圖（二十一）、蜂鳴器、導線、電池、測試用的電極片，組裝在一起，過程如下圖所示：



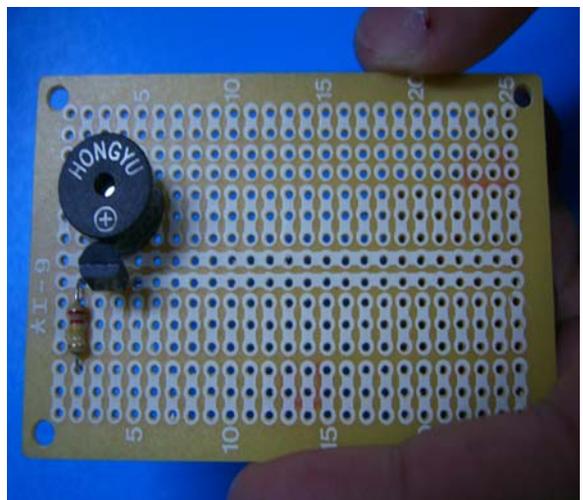
圖（二十一）電阻



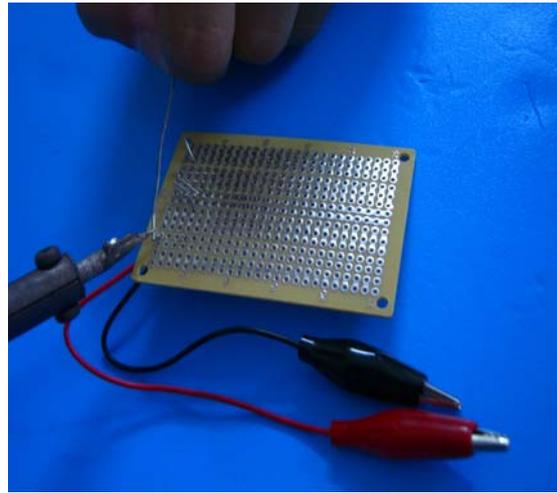
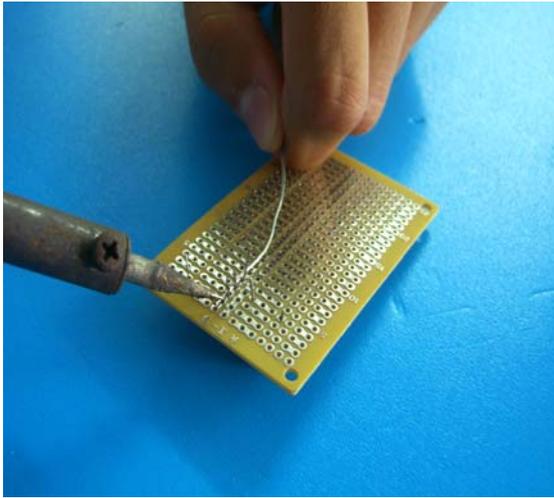
圖（二十二）電晶體放在電路板上



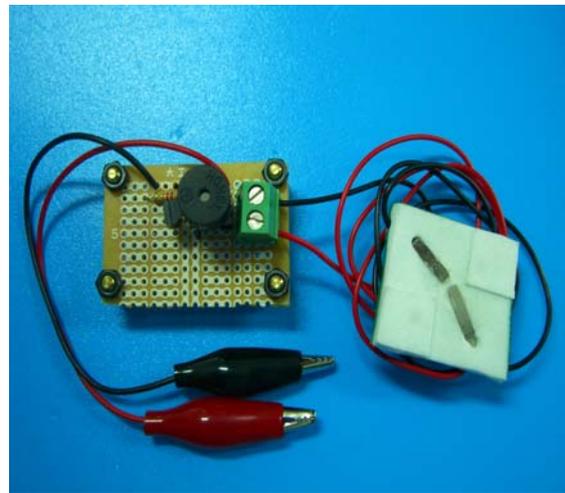
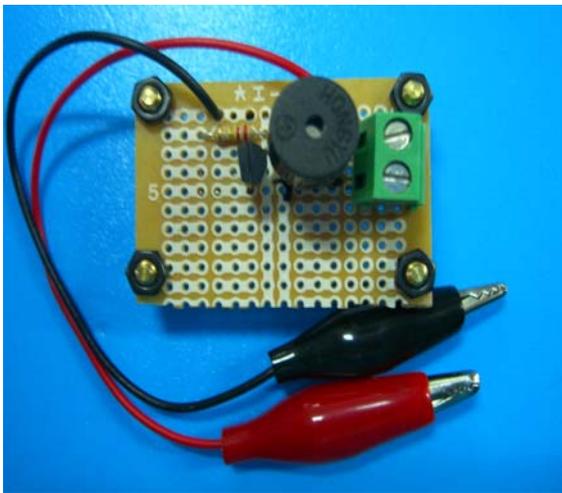
圖（二十三）電阻放在電路板上



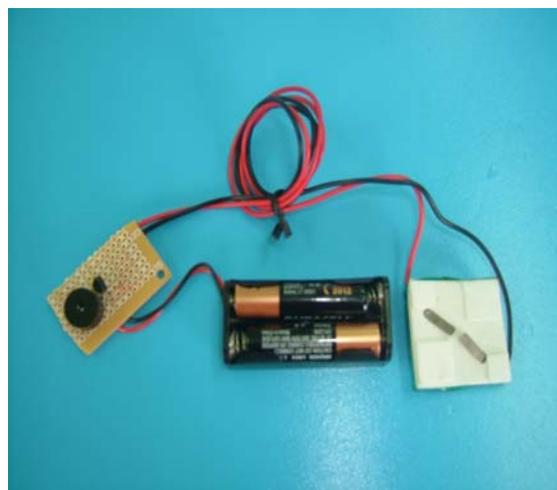
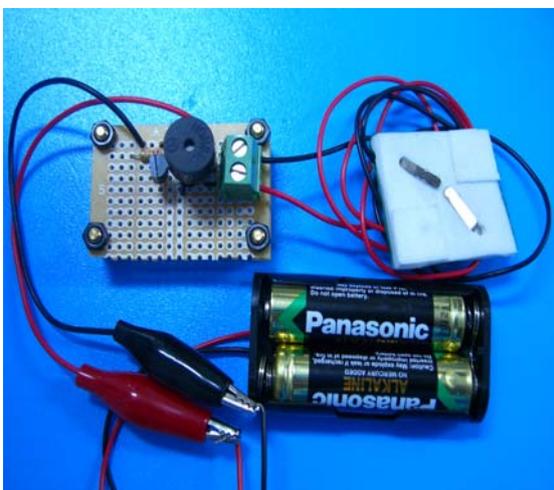
圖（二十四）蜂鳴器放在電路板上



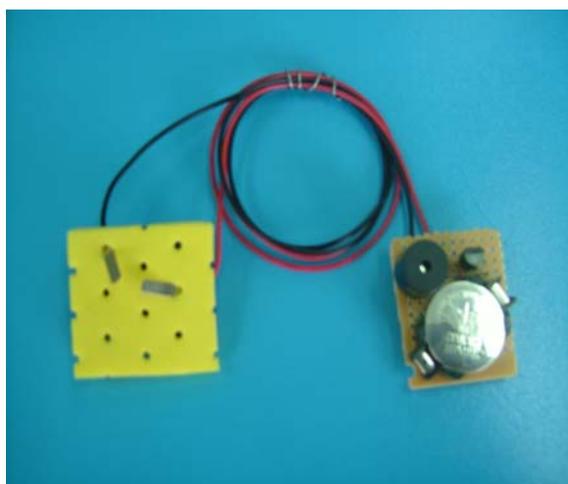
圖（二十五）將電路板背面的導線和導線焊接起來



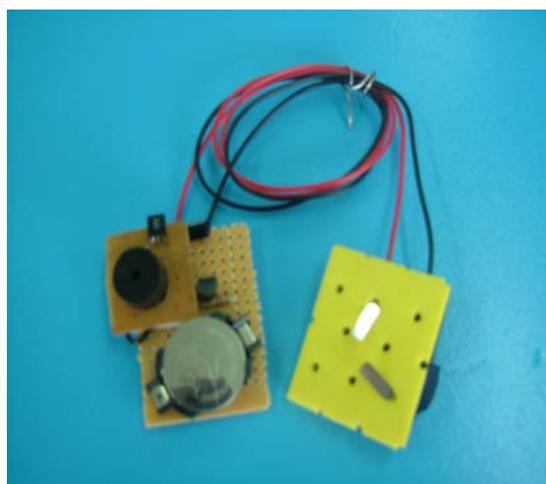
圖（二十六）電阻、蜂鳴器、導線、測試用的電極片等組裝之情形



圖（二十七）尿布警濕器完成組裝之成品



圖（二十八）將電池改良後的尿布警溼器

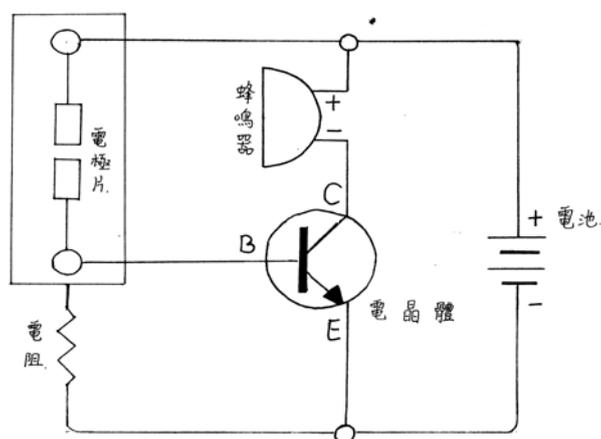


圖（二十九）利用鬧鐘裡的音樂電路板取代蜂鳴器而改良成的尿布警溼器



圖（三十）利用家政課縫製的香包做爲尿布警溼器的袋子，使它可用別針固定於衣服上

(3) 整個電路圖如下：



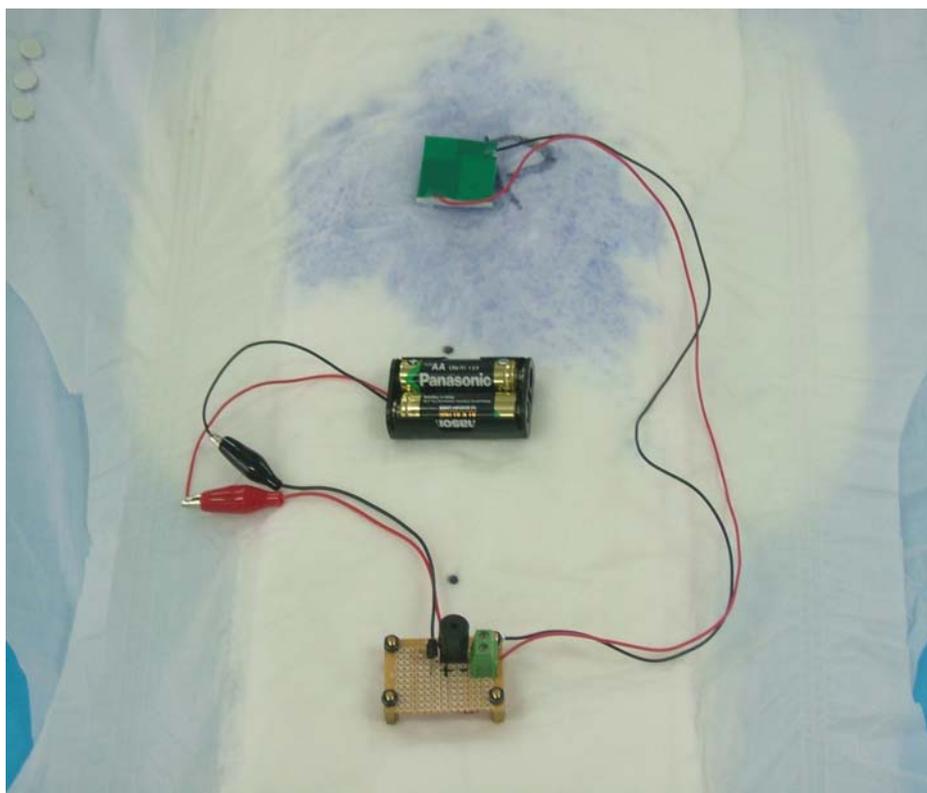
圖（三十一）尿布警溼器電路圖

5. 測試：

(1) 我們將製作完成的「尿布警溼器」，分別放入燒杯內裝有尿液、自來水、RO 逆滲透水中，還有平放的紙尿布內測試，如圖（三十二）。記錄尿布警溼器的作用情形，如表（十五）。

表（十五）尿布警溼器在各種溶液中的測試結果（√：有鳴叫，×：沒有鳴叫）

	溶液裝在燒杯中	溶液傾倒於尿布上
尿液	√	√
自來水	√	√
RO 逆滲透水	√	√



圖（三十二）尿布警溼器在紙尿布內的測試電路圖

伍、結論

- 一、尿液中所含的離子量會因人、環境等因素而產生變化，所以，爲了確定「尿布警溼器」是否能在離子量較少的溶液中發揮效果？從本實驗中可發現，就算是比真實尿液濃度小很多的自來水與 RO 逆滲透水也能使它發揮作用。
- 二、經過測試，尿液是電解質，可以導電，我們利用其導電特性並採用弱電方式製作尿布警溼器，軟墊上電極片是緊貼於尿布上，與使用者接觸處是軟墊背面，所以使用者皮膚接觸是極小的弱電流（最大電流約 0.71 mA 直流電流），不會有電的感覺及刺激（最小的感知電流爲 3.5 mA），藉以保護使用者安全，弱電流經電晶體作用後才放大電流，而該部分可裝入一個絕緣小袋子內保護，絕不會有感電之虞。
- 三、本研究所製作的尿布警溼器，只要將它黏貼於尿布上，其他組裝有蜂鳴器，電阻、電晶體的電路板和電池（可使用體積較小的水銀電池），可裝入一個絕緣的小袋子，露出音窗，並將它掛於被看護者的外褲或外衣上即可，使用起來輕巧方便，價格便宜又實惠。若能再開發成無線接收頻率，只要尿溼，在外工作的家人手機就會響起，將更臻理想。
- 四、尿布警溼器的電極片是鍍鎳材質，外表美觀、導電性佳、價格實惠且可重複使用，換新尿布時只需將它自使用過尿布上取下來，將電極片擦拭乾淨後，待尿布換好後再將它黏回去即可。
- 五、蜂鳴器所發出的聲音爲一個單音，聽久會感覺刺耳，因此本實驗中的蜂鳴器也可改接鬧鐘或生日賀卡上柔和的音樂，讓使用者使用起來比較舒適。
- 六、尿布警溼器於尿布溼至適當程度時發出聲響，可提醒看護者即時更換尿布，保持被照顧者的皮膚乾爽舒適可避免尿布疹等皮膚病變，也可使看護者照顧起來輕鬆又安心。
- 七、本研究所製作的尿布警溼器，亦可以使用在嬰兒尿布上，提醒媽媽即時更換尿布，保持嬰兒的皮膚乾爽舒適。
- 八、經濟效益分析——尿布一包 13 片約 180 元，平均一片尿布售價約 19 元，而尿布警溼器全套的設備約需 50 元，價錢大約是 3 片尿布的金額，絕對合乎成本考量及經濟效益，值得我們大量推廣。
- 九、根據以上的實驗，我們終於做出我們理想中的尿布警溼器。

陸、參考資料

- 一、康軒版 國民中學自然與生活科技 第三冊
- 二、蘇弘毅 曾正耀編著 國中新超群自然與生活科技（四） 南一書局 92年2月
- 三、吳顯堂 實用電子電路設計手冊 全華科技圖書股份有限公司 82年4月
- 四、陳自雄 陳子筠著 基本電學（全） 儒林出版社 93年3月
- 五、行政院勞工委員會 中區勞動檢查所 95年宣導資料

評 語

030808 包大人警濕器

以電子化的方式量測尿布含水(或尿液)量，創意十足。若能將感測器植入尿布之中，則更能增加其舒適感及實用度。