

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

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：

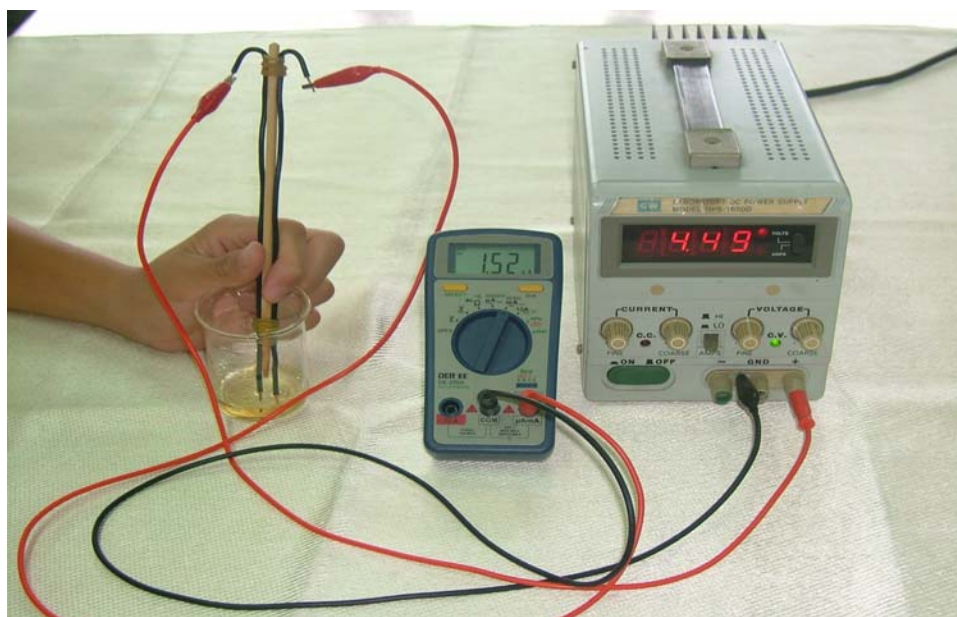
1. 首先採集學校不同年齡層 5 位老師、5 位同學及 5 位 6 歲以內小孩的尿液，取其混合體積各 20ml，分別裝入五杯燒杯中，另取自來水、RO 逆滲透水體積各 20ml，分別裝入二杯燒杯中，如圖(一)。
2. 以玻璃棒沾取七杯燒杯內的溶液，分別滴在廣用試紙上，檢測酸鹼性，如圖(二)。
3. 取一般市面上最容易取得的粗銅線 2 支、竹筷一支和橡皮筋 2 條，組裝成電極棒。
4. 將電源供應器、三用電錶、導線與電極棒連接起來，如圖(三)。
5. 固定電極間距為一公分，將電極棒浸入第一杯溶液中，把直流電源開關打開，調整電壓為 1.5V、3V、4.5V、6V、7.5V、9V 測量其電流大小，並記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

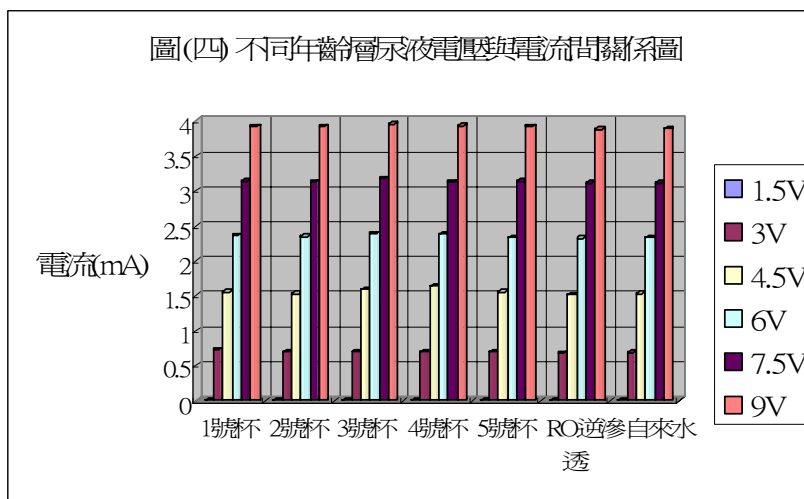
5. 以鍍金棒做電極測出不同年齡層尿液、自來水、RO 逆滲透水其電壓與電流關係如表(五)：

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

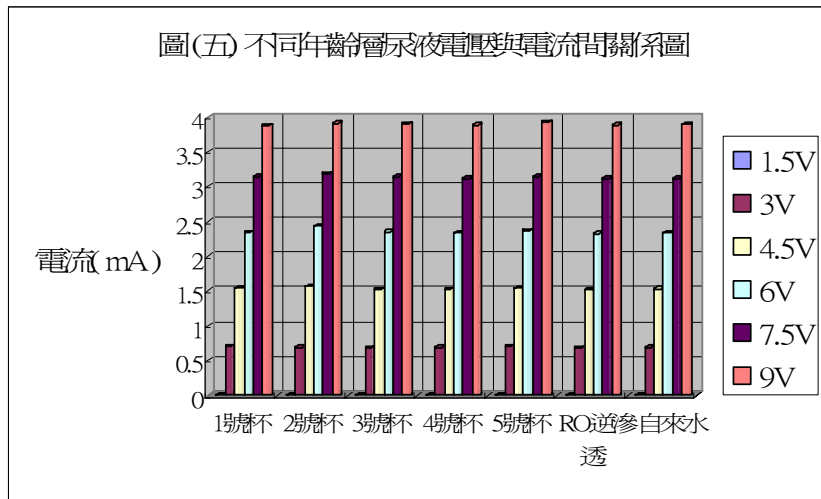
| 電壓 溶液 | 1.5 伏特 (V) | 3.0 伏特 (V) | 4.5 伏特 (V) | 6.0 伏特 (V) | 7.5 伏特 (V) | 9.0 伏特 (V) |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 號杯 (6 歲以內) | 0mA | 0.70mA | 1.54mA | 2.31mA | 3.11mA | 3.86mA |
| 2 號杯 (6-15 歲) | 0mA | 0.66mA | 1.52mA | 2.34mA | 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。

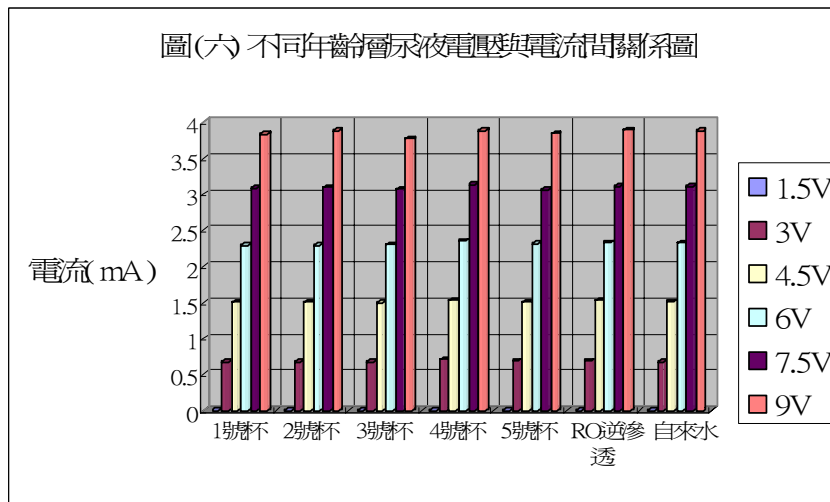
(1) 以銅棒做電極測試各年齡層的尿液、自來水與 RO 逆滲透水電壓與電流關係圖



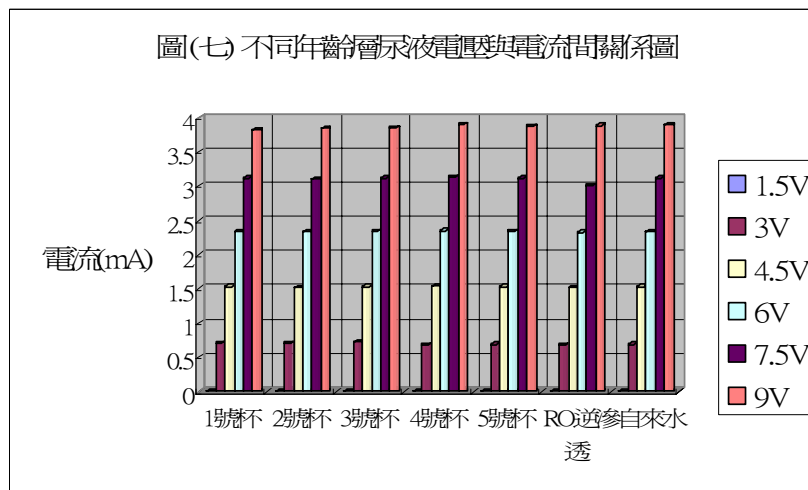
(2) 以鍍鎳棒做電極測試各年齡層的尿液、自來水與 RO 逆滲透水電壓與電流關係圖



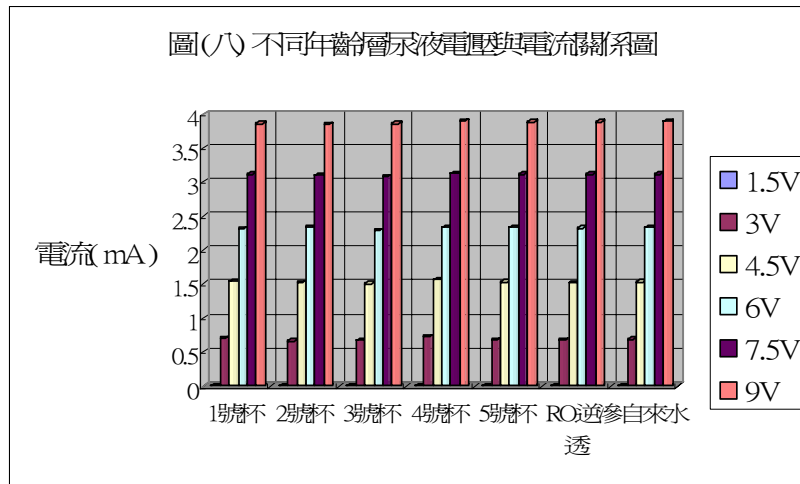
(3) 以錫棒做電極測試各年齡層的尿液、自來水與 RO 逆滲透水電壓與電流關係圖



(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

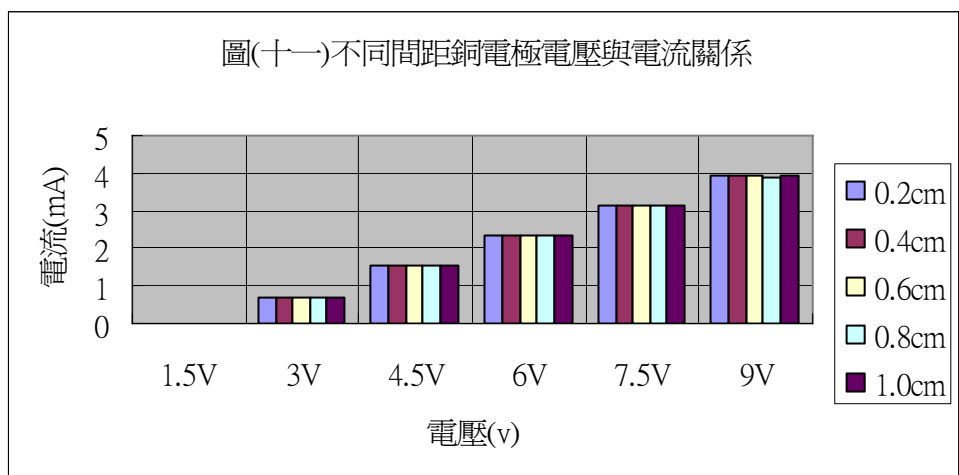
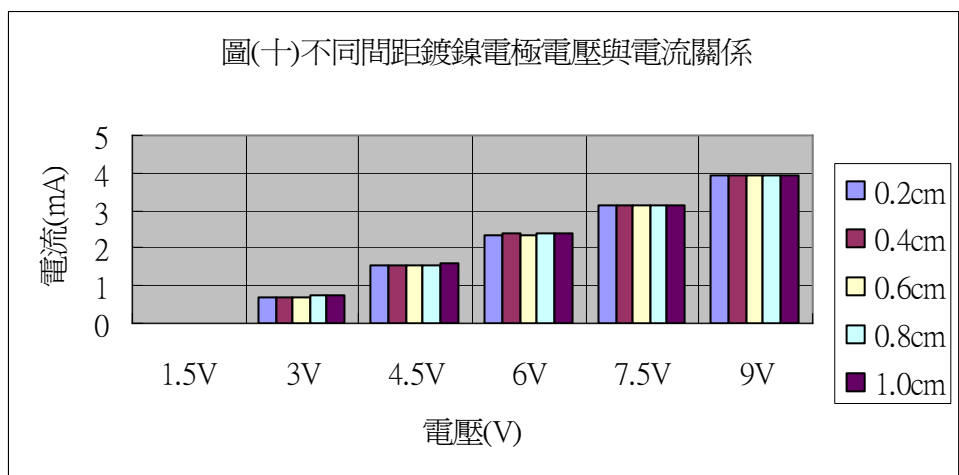
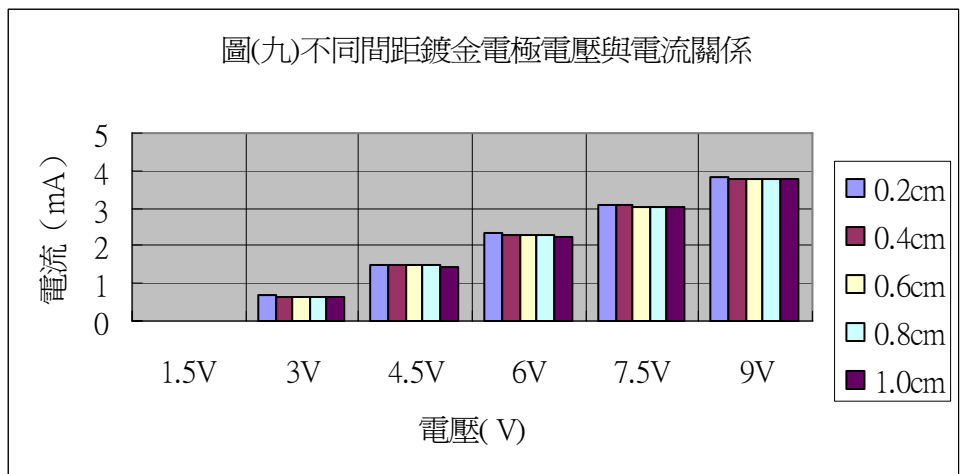
| 電壓 間距 | 1.5V | 3V | 4.5V | 6V | 7.5V | 9V |
|----------|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.2cm | 0mA | 0.70 mA | 1.53 mA | 2.32 mA | 3.12 mA | 3.88 mA |
| 0.4cm | 0 mA | 0.69 mA | 1.51 mA | 2.3 mA | 3.09 mA | 3.84 mA |
| 0.6cm | 0 mA | 0.68 mA | 1.51 mA | 2.31 mA | 3.09 mA | 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 |

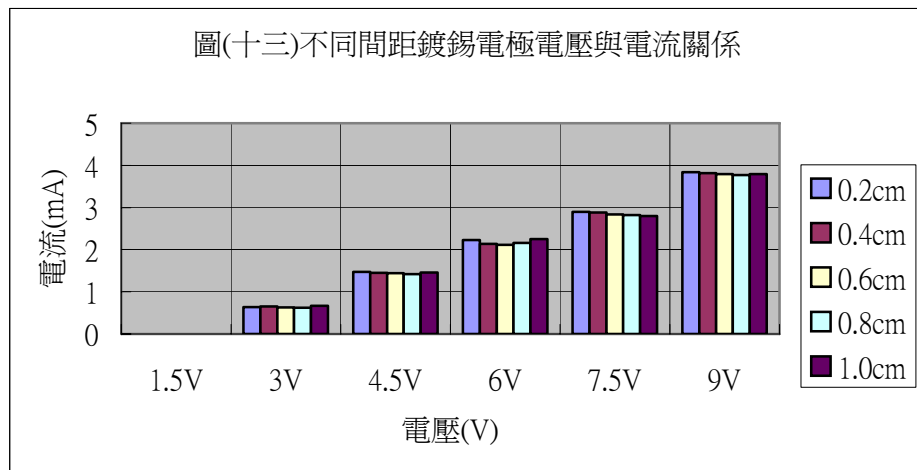
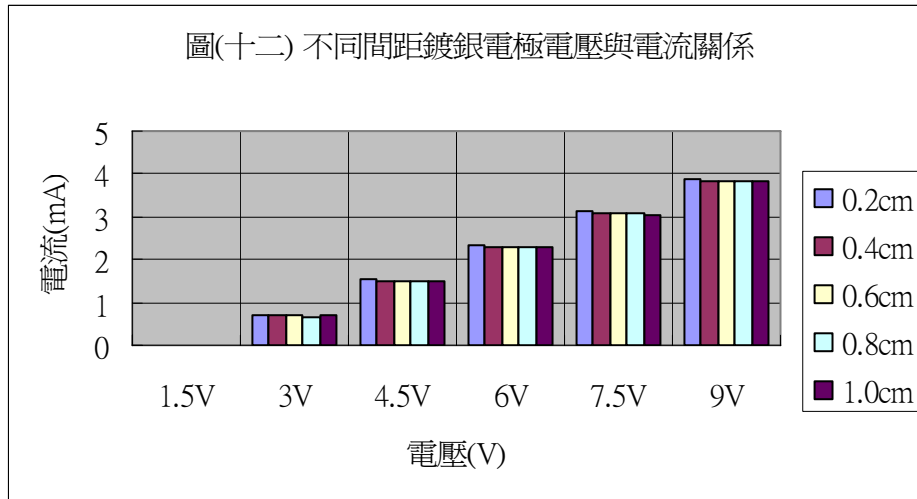
5. 以錫棒做電極測試不同間距的錫電極電壓與電流關係，如下表(十)：

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

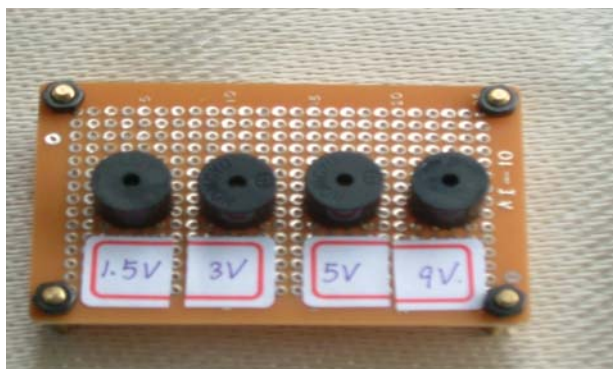
我們到大賣場觀察過，有些尿布有顏色的尿溼警示，有的沒有，通常有尿溼警示的以寶寶尿布居多，但成人紙尿布很少，因此我們將顏色、燈光、聲音的警示作用之「主動性」的優缺點比較作成簡單表格如下：

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

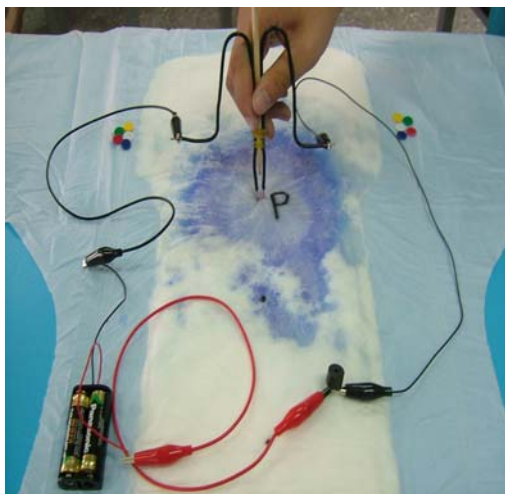
| 蜂鳴器（適用電壓） | 1.5V | 3.0V | 4.5V | 6.0V | 7.5V | 9.0V |
|-----------|------|------|------|------|------|------|
| 甲（1.5V） | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 乙（3.0V） | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 丙（5.0V） | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 丁（9.0V） | √ | √ | √ | √ | √ | √ |

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。

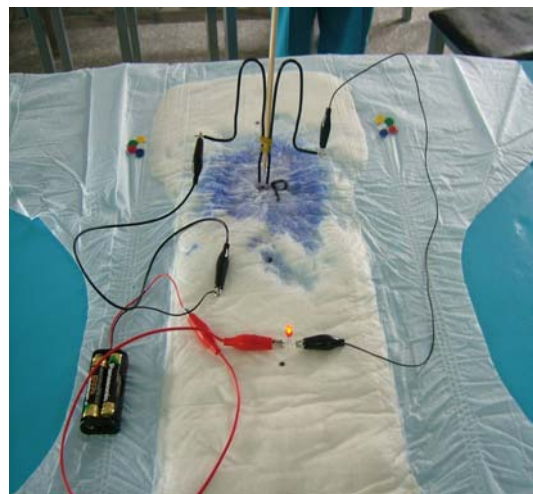
（三）製作尿布警溼器

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，為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，應該就能啟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。

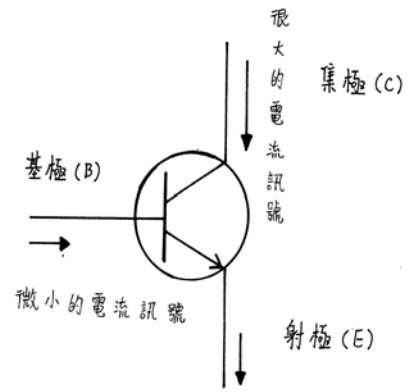
- (2) 為了考慮電極棒能放入尿布中，且對被照顧者不會造成傷害，並藉由尿液能夠導電的原理，使蜂鳴器產生警示作用，因此我們將前面製作的電極棒，改良成利用兩片鍍鎳金屬與導線連接，再把它固定在一個軟墊上的電極片，最後利用魔術貼可使它黏貼在尿布上，如圖（十九）。

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。因為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，分別稱為基極（B 極）、射極（E 極）、和集極（C 極）。如圖（二十）。

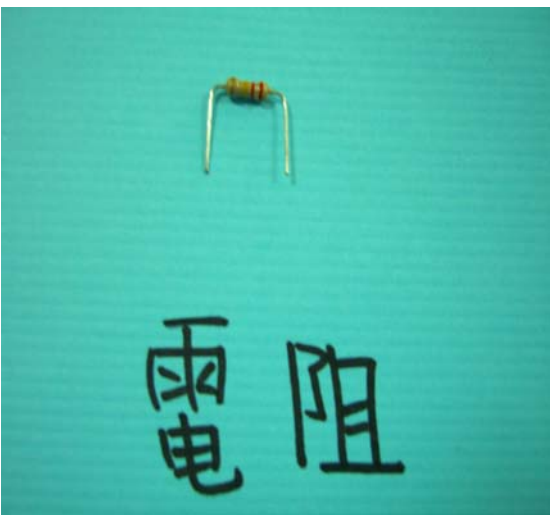


圖（十九）改良後的感應電極

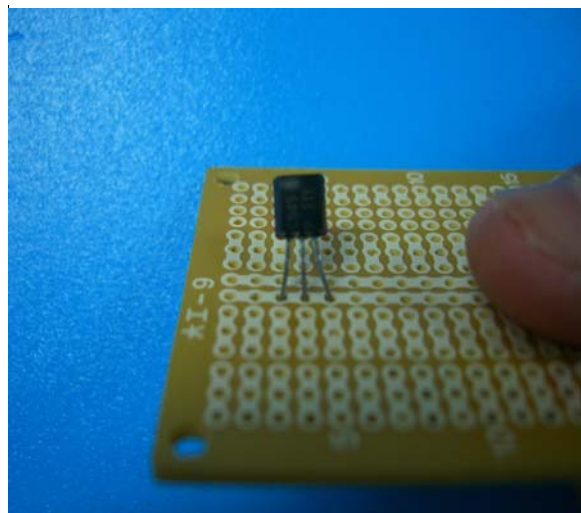


圖（二十）電晶體

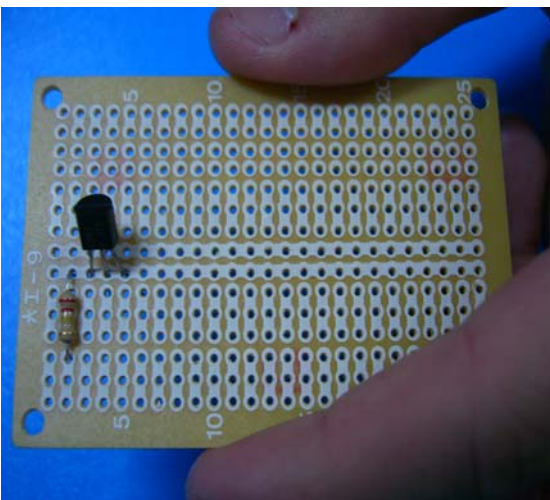
(2) 我們利用電晶體的原理，將電阻如圖（二十一）、蜂鳴器、導線、電池、測試用的電極片，組裝在一起，過程如下圖所示：



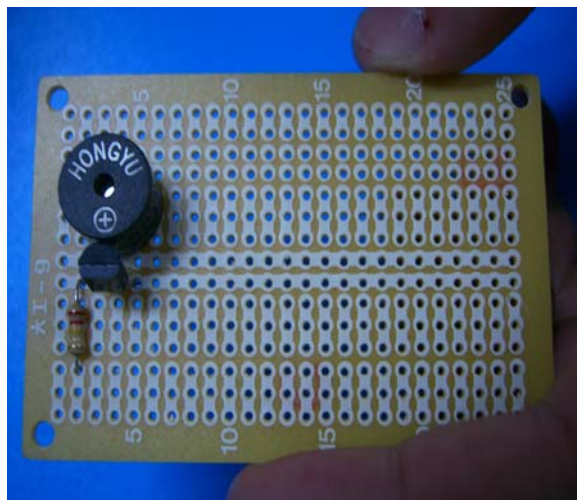
圖（二十一）電阻



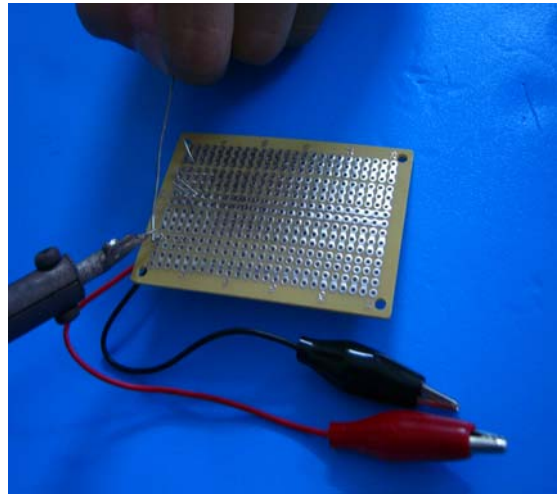
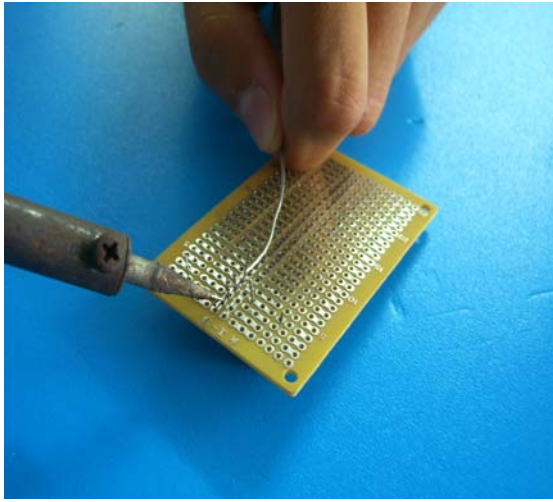
圖（二十二）電晶體放在電路板上



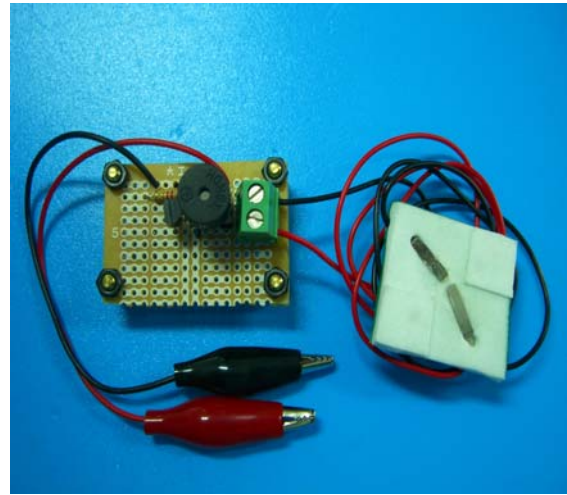
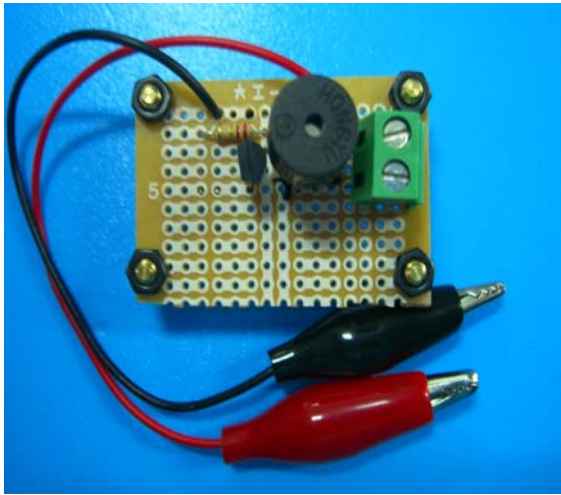
圖（二十三）電阻放在電路板上



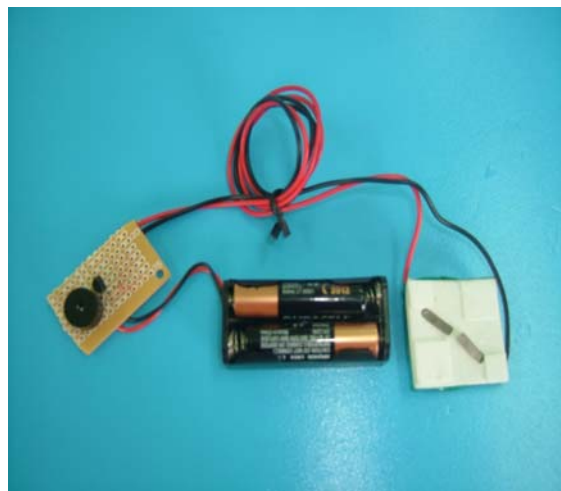
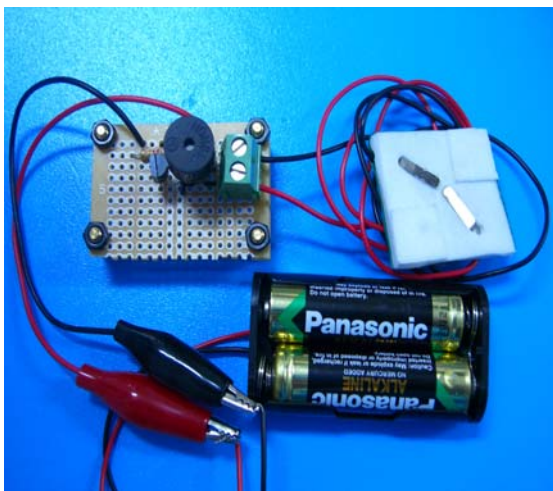
圖（二十四）蜂鳴器放在電路板上



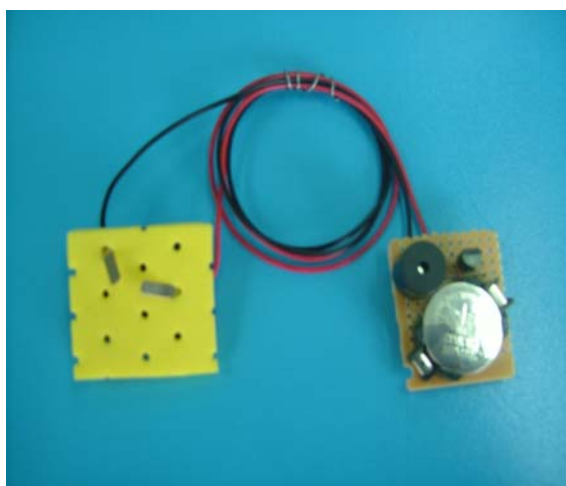
圖（二十五）將電路板背面的導線和導線焊接起來



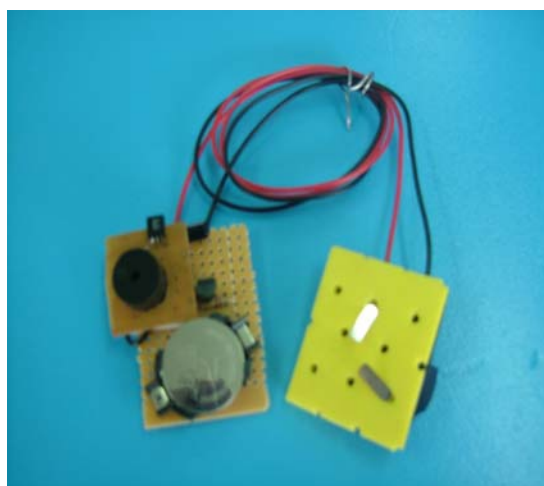
圖（二十六）電阻、蜂鳴器、導線、測試用的電極片等組裝之情形



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

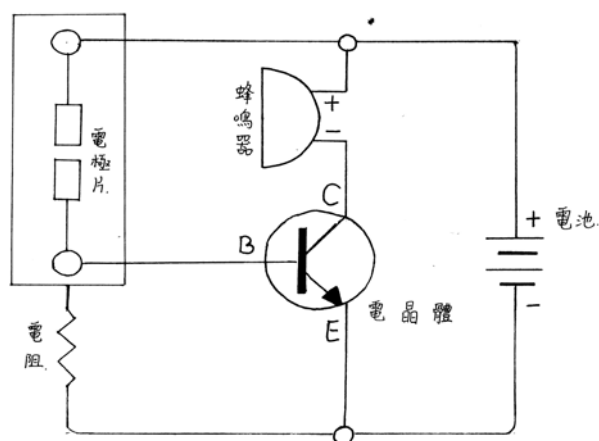


圖（二十九）利用鬧鐘裡的音樂電路板取代蜂鳴器而改良成的尿布警溼器



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：



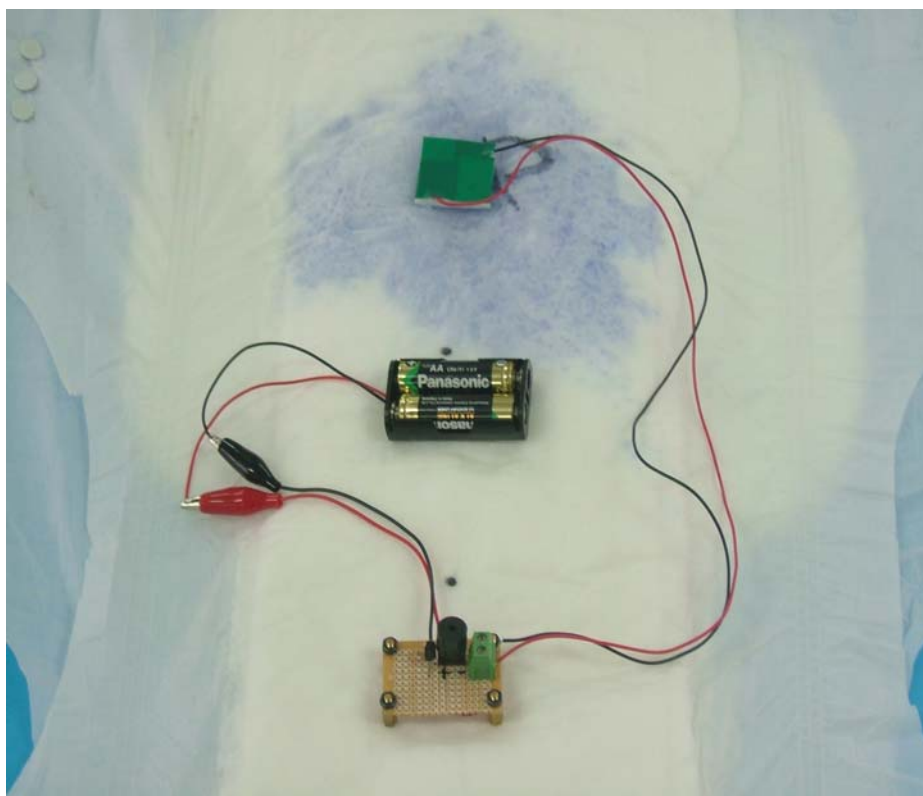
圖（三十一）尿布警溼器電路圖

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。