

各位投稿者好，如蒙允諾，所提供之課程教案內容多寡由您自行決定。若考量演示時間長度，也可針對單一主(子)題投稿，以下提供四種類型的教案供您參考：

- |                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 1. 光學竹槍(精簡版_定性討論)           | p2  |
| 2. 哇！筆芯也能驅動齒輪車(精簡版_定量討論)    | p4  |
| 3. 趣味靜電教具及靜電測量教具(詳細版_附數據討論) | p12 |
| 4. 搖搖來電(詳細版_不附數據討論)         | p25 |

若有任何問題，亦請不吝聯繫並惠賜意見，不勝感荷！

敬祝

研安

-----  
曾芝寅 張書瑋

物理實作課程研發平台執行秘書

Tel : 02-33664430

ppp.pstaiwan@gmail.com

<https://www.tps-ppp.org/>



物理實作平台  
Platform for Physics Practice

台灣物理學會  
物理實作課程研發平台

## 創意科普教具競賽 設計教案

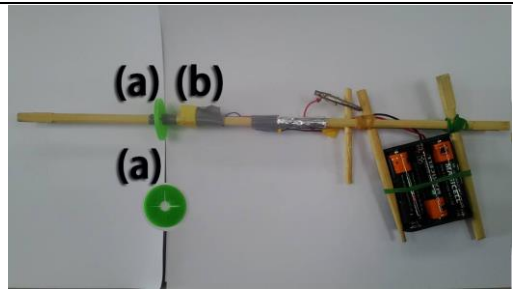
| 教具名稱   | 光學竹槍  | 設計者  | 蔡宏盛老師<br>戴于哲老師                 |
|--|---|------|--------------------------------|
| 適用對象   | <input type="checkbox"/> 國小 <input checked="" type="checkbox"/> 國中 <input checked="" type="checkbox"/> 高中 <input checked="" type="checkbox"/> 大學<br><input type="checkbox"/> 一般民眾 | 參賽組別 | 順位：<br>1.高中組<br>2.大學組<br>3.國中組 |
| 活動目標   | 1.運用簡便竹槍，製作光學儀器。<br>2.製作過程中，探究線路結構及準心位置概念<br>3.進行繞射現象的探究<br>4.進行干涉現象的探究   |      |                                |
| 活動實作流程   |   |      |                                |
| 製作流程   | 圖說  |      |                                |
| 一、預備以下材料：<br>1. 竹筷三雙<br>2. 5mw 雷射光頭 1 個<br>3. 絕緣膠帶一卷<br>4. 電池座一個<br>5. 鋁箔紙一張<br>6. 橡皮筋數條 |    |      |                                |
| 二、將一雙竹筷折成對半  |   |      |                                |
| 三、將折成對半的竹筷，用橡皮筋綁在另一雙竹筷上，形成槍的握把及扳機部分，在槍的握把上，綁上電池座。如右圖所示。                                  |   |      |                                |
| 四、拿取第三雙竹筷的其中一支，作為槍桿，用橡皮筋綁在槍的前頭。  |   |      |                                |
| 五、在槍桿上綁上雷射光頭，連接電池座與雷射光頭線路如右圖。  |   |      |                                |
| 六、在握把及扳機底部包上錫箔紙，做為電源開關接觸點，使用絕緣膠帶，將線路固定。  |   |      |                                |

七、使用 3D 列印，製作準心片步驟如下：

1.登錄 TinkerCad，在其上作單狹縫孔徑與雙狹縫孔徑，並輸出.stl 檔。

2.使用 Kisslicer 軟體作 3D 列印切面層分析，輸出 gcode 檔案。

3.作 3D 列印。



### 教學引導問題

#### 一、觀察現象問題

- 1.雷射光源的形狀為何？準心的孔隙形狀為何？打在屏幕上的亮點圖形為何？
- 2.將雷射槍頂住屏幕，然後慢慢拉離，看到的圖形如何變化？
- 3.固定雷射槍與屏幕的距離，調整準心的前後位置，看到圖形如何變化？
- 4.將準心旋轉到雙狹縫的位置，重複上面三步驟的觀察，有何差別呢？

#### 二、討論解釋問題

- 5.離屏幕近的時候，屏幕上的圖形是準心的圖形，為何距離拉遠了，圖形會橫向散開呢？
- 6.散開的圖形，為何是一段一段的亮點呢？
- 7.槍的距離拉遠了，亮點跟兩點間的距離如何改變？為什麼？
- 8.為何距離不同，亮點的寬度會改變呢？
- 9.雙狹縫的圖形，為何在中央亮帶的圖形與單狹縫不一樣呢？
- 10.為何雙狹縫亮紋等距，但是中央區塊亮度較高呢？

#### 三、應用問題：

- 11.若將雷射光的光源，由紅光改成綠光或藍光，應該會有什麼改變呢？
- 12.若是將狹縫的縫寬增加，屏幕亮紋會有什麼改變？
- 13.若是將雙狹縫的縫距增加，屏幕亮紋會有什麼改變？


## 創意科普教具設計競賽

|      |  |     |         |
|------|--|-----|---------|
| 教具名稱 | 哇！筆芯也能驅動齒輪車  | 設計者 | 沈禾謙、沈志寰 |
| 適用對象 | ■國小■國中■高中□大學□一般民眾  |     |         |
| 參賽組別 | 順位 1. 國中組 2. 國小組 3. 高中組  |     |         |
| 活動目標 | <p>一、瞭解如何使用日常材料製作簡易類燃料電池。</p> <p>二、初步認識電化學的基本原理。</p> <p>三、透過實驗步驟探究能源的產生。</p> <p>四、藉由實做提出改善方案，探討可以應用的設計或裝置。</p>   |     |         |
| 實作時間 | 30 分鐘  |     |         |
| 器材   | <p>直徑 2mm &amp; 長 18cm 細筆芯 8 支、內直徑 15cm 外直徑 16cm &amp; 長 20cm 的塑膠管 1 支、泡棉圓塞 2 個 ( 上端有洞、下端無洞當底 )、7cm×20cm 不織布 2 張、鹽、玻璃瓶、七芯電線、有鱷魚夾的 12V 變壓器、音樂 IC 組、小車輪 4 個、4cm×10cm 塑膠板 1 片、5.7cm 鐵軸 2 根、4.2cm 塑膠管 2 支、大小齒輪各 1、附鱷魚夾的小馬達</p> |     |         |



探究實作引導問題

- 一、各種鉛筆芯都可以用來當作本實驗裝置的導體嗎？
- 二、鉛筆筆芯為什麼可以導電？
- 三、裝有二條筆芯棒的塑膠管中通電後產生的氣泡是什麼？如何得知？
- 四、如何判別塑膠管中的二條筆芯棒哪個是正極？哪個是負極？哪個是陰極？哪個是陽極？
- 五、筆芯充電電解時正極、負極產生什麼變化？放電時有什麼變化？正負極有交換嗎？陰陽極有交換嗎？
- 六、電解液如果換成糖水會對效果有什麼影響？
- 七、本實驗裝置是屬於燃料電池嗎？燃料電池的原理是什麼，為什麼可以高出火力發電的效率 2-3 倍呢？它叫做電池，和其他的電池有什麼共同點嗎？
- 八、筆芯的數量會影響電的功率嗎？影響情形如何？
- 九、你會把筆芯電池接在什麼裝置呢？如果裝置無法成功驅動，又可能是什麼原因呢？又該如何解決？
- 十、筆芯電池和乾電池相比有什麼優缺點？如何改進筆芯電池？
- 十一、如果推廣能源，你會推薦燃料電池嗎？為什麼？

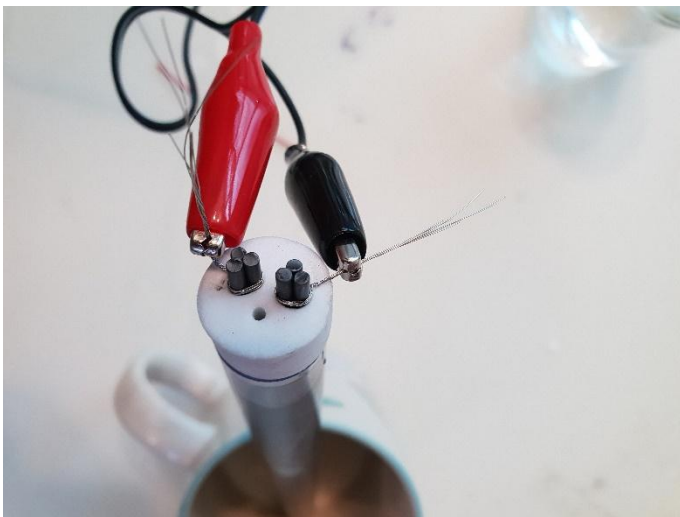
| 圖示   | 操作步驟   |
|--|--|
| 第一部分製作   |  |
|   | 一、將大賣場買的黃色鉛筆 8 支，用火燒木頭，取出筆芯。再用不織布將 4 根筆芯包裹並黏好，做成一樣的二條。 |
|  | 二、鹽放玻璃瓶中調成飽和溶液   |



三、塑膠管底部裝一個泡棉圓塞、將飽和溶液倒入塑膠管中。



四、將二條各包裹好 4 支筆芯的棒子插入泡棉圓塞中，左右各一（礙於孔洞，外露 3 支，實際 4 支）。



五、拆掉七芯電線外面的塑膠，分別捆在左右的筆芯棒上，再用有鱷魚夾的 12V 變壓器夾住。

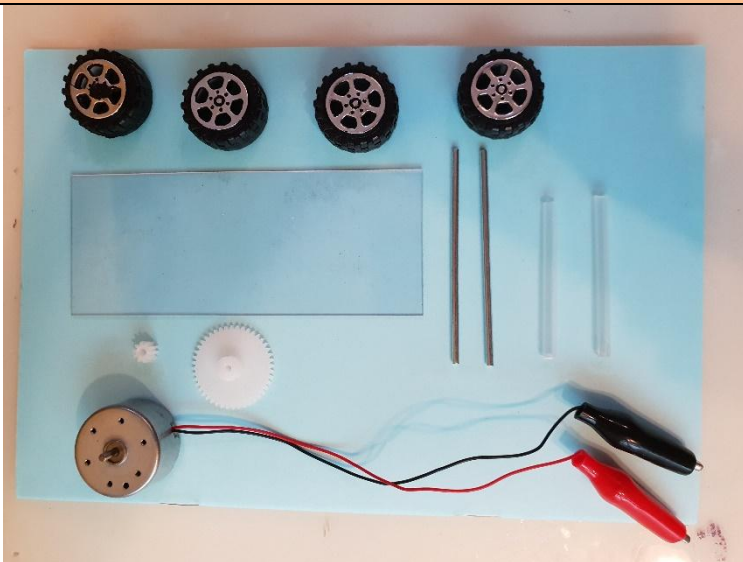


六、通電並觀察氫氣和氧氣產生的情形。

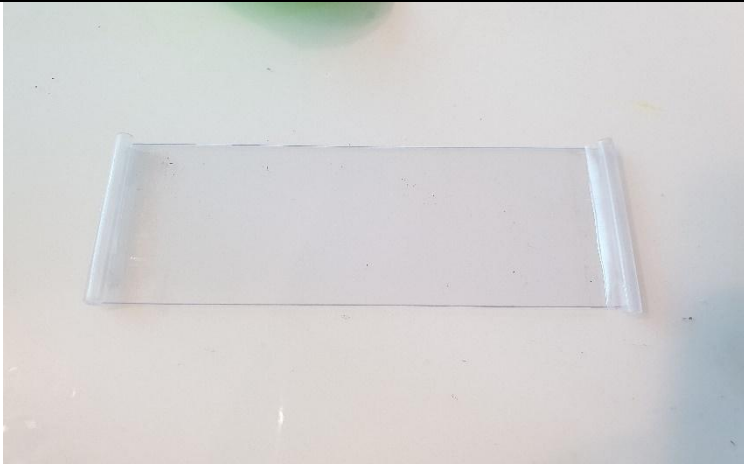


七、通電 2 分鐘後，鱷魚夾夾上音樂 IC 組，結果有音樂發出了。

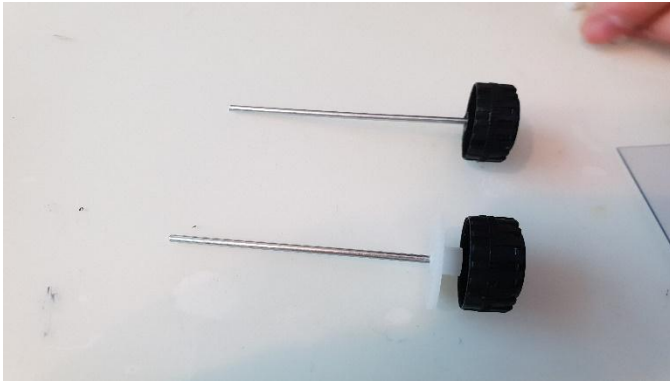
### 第二部份製作



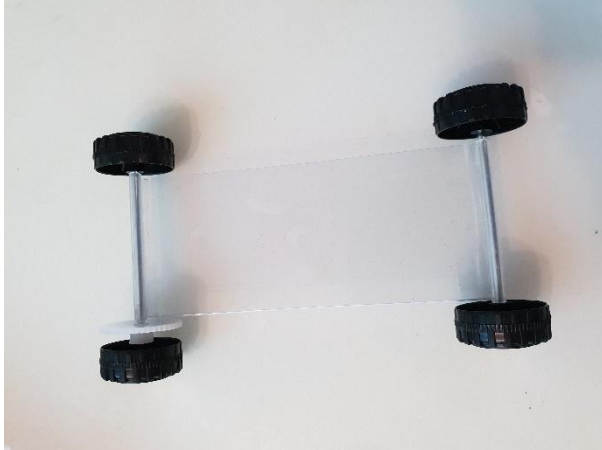
一、準備好相關材料：小車輪 4 個、4cm×10cm 塑膠板 1 片、5.7cm 鐵軸 2 根、4.2cm 塑膠管 2 支、大小齒輪各 1、附鱷魚夾的馬達



二、先用雙面膠將 2 支塑膠管固定在塑膠板左右二側上

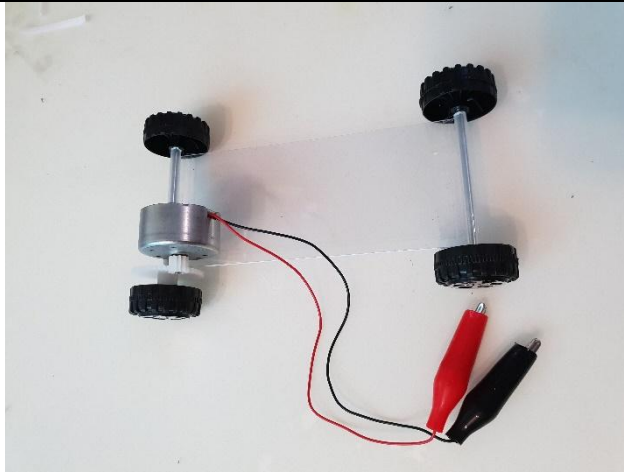


三、將鐵軸裝上輪子，其中一根加裝大齒輪

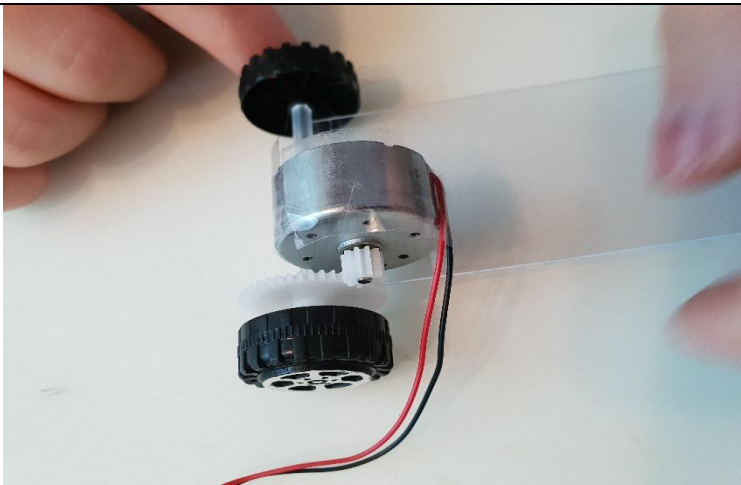


四、將車輪軸插入塑膠管中，並裝上另一側的二個車輪，同時用膠帶加強固定。

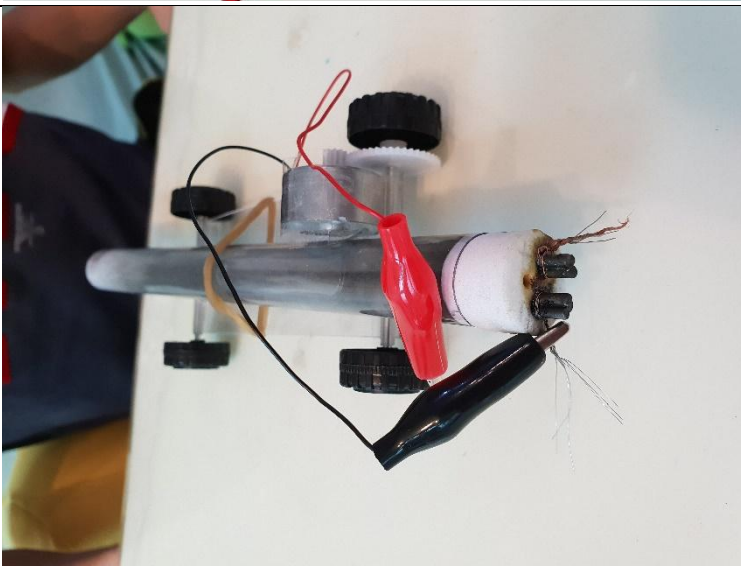




五、在左側的車輪軸旁加裝附鱷魚夾的馬達。

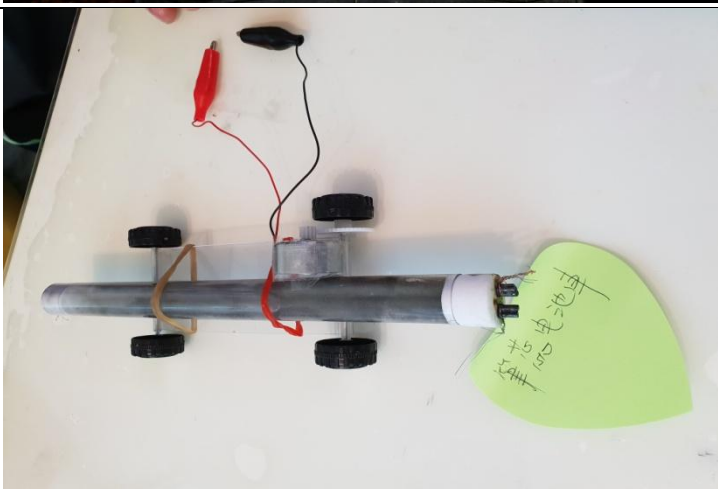


六、用膠帶加強固定小馬達



七、將第一部份通電完成的筆芯塑膠管用橡皮筋固定在塑膠版上，即完成筆芯電池齒輪車，鱷魚夾夾住筆芯頭即可前進。  
目前記錄筆芯電池齒輪車可以行進4分20秒。

第三部分 補充不同筆芯數量的實驗



實驗比較不同數量的筆芯，電的功率由小而大，結果如下：

- 1 支筆芯：電解 / 放電，驅動音樂 IC
- 2 支筆芯：電解 / 放電，驅動 LED 亮
- 3 支筆芯：電解 / 放電，驅動轉風扇及  
驅動風扇船
- 4 支筆芯：電解 / 放電，驅動馬達車

|      |  |     |                            |
|------|--|-----|----------------------------|
| 教具名稱 | 趣味靜電教具及靜電測量教具  | 設計者 | 作者：吳采坪 張庭樵 王緒湟<br>指導老師：林麗華 |
| 適用對象 | ■國小 ■國中 ■高中 □大學 □一般民眾  |     |                            |
| 參賽組別 | 順位 1.國中組. 2.高中組 3.國小組  |     |                            |
| 活動目標 | 一、設計發展多元趣味靜電實驗。<br>二、有磁浮，能不能有「電浮」。<br>三、探究測量靜電力數值的方法。<br>四、探究能否用上述方法，設計更多實驗。<br>例如：測量「磁力」的大小或設計可廣泛測量多種不同材質其彎曲形變的彈性係數的實驗。 |     |                            |
| 實作時間 | 100 分鐘   |     |                            |
| 器材   | 雷射筆、磁片、木板、書架、塑膠棒、布、蒲公英種子、口香糖鋁箔、玻棒、橡皮塞、寶特瓶、方格紙、尺、電腦、電子天平、剪刀、銅片、保險絲、捲尺、磁鐵。   |     |                            |

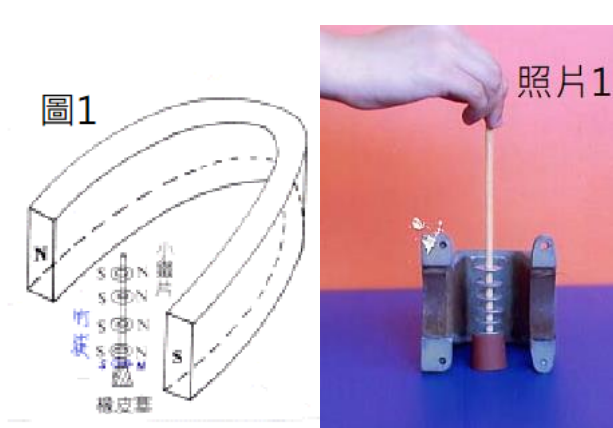
## 趣味靜電教具及靜電測量教具

### 壹、設計目的：

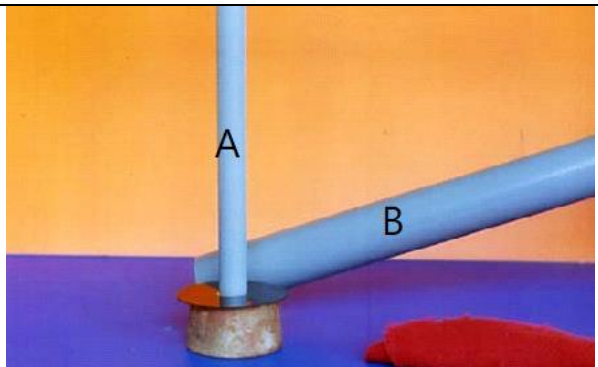



除了一般的靜電遊戲之外，我們再開創「電浮」…等等有趣的靜電實驗；也利用雷射與磁片對話的「放大」作用，具體的測量出微弱的靜電力的大小是幾克重。更進一步，利用雷射與捲尺鐵片條的對話，測量磁力的大小是幾克重。希望我們的遊戲或實驗設計，能提供大家在「探究與實作」上的一點參考資料。

### 貳、應用原理、設計圖、組裝流程與運用方式：

#### 實驗 1:磁浮

| 一、 思考及操作步驟                  |   | 二、 結果與原理說明   |
|-----------------------------|---|--|
| 1. 以磁鐵和鐵環作「磁浮」實驗，如圖 1，照片 1。 |  <p>圖1</p> <p>照片1</p> | <p>照片 1：<br/>鐵片被磁感應，每片鐵環都在同一邊為 S 極、另一邊為 N 極如圖 1，所以各鐵環之間互相排斥造成「磁浮」。</p> |
|                             | <p>照片 1 「磁浮」一看磁鐵的厲害，<br/>將鐵環層層分開！</p>   |  |

## 實驗 2:不讓磁浮專美於前-----「電浮」

| 一、 思考及操作步驟   |  | 二、結果與原理說明   |
|--|--|---|
| <p>1 取出磁片，套在塑膠管 A 上，用布摩擦塑膠管 B，塑膠管 B 靠近磁片，觀察之，如照片 2。</p>                    |  <p>照片 2 電力不足嗎？無法將磁片層層飛揚。</p>              | <p>照片 2：<br/>靜電力小於重力，不能讓磁片懸浮。</p>   |
| <p>2. 把塑膠管 A 平拿，用布摩擦塑膠管 B，塑膠管 B 靠近磁片，觀察之，如照片 3。</p>                        |  <p>照片 3 換個方向試試看！磁片互相斥開了。</p>             | <p>照片 3：<br/>水平拿著套有數片磁片的塑膠管 A，用布摩擦另一塑膠管 B，當塑膠管 B 靠近磁片，磁片互相斥開。</p>                       |
| <p>3. 玻璃棒插入橡皮塞中央。將口香糖鋁箔燒掉紙，剩下鋁箔，將鋁箔剪成圓形，中間挖洞，套上玻璃棒，裝置如照片 4。</p>            |  <p>照片 4 將磁片換成口香糖鋁箔製成的鋁環。</p>             | <p>利用口香糖鋁箔得到的鋁箔紙較日常廚房使用的鋁箔紙輕，效果比較好。</p>   |
| <p>4. 將寶特瓶底部切掉。<br/>5. 手拿照片 4 的橡皮塞，把玻璃棒平拿，用布摩擦寶特瓶，把寶特瓶套在鋁環外，觀察之，如照片 5。</p> |  <p>照片 5 把照片 4 平拿，套上「金鐘罩」（用布摩擦後的寶特瓶）。</p> | <p>照片 5：<br/>水平拿著照片 4 的玻璃棒，把用布摩擦過的去底寶特瓶套上，鋁箔被靜電感應，每片鋁箔環都在外環為正、內環為負，所以各鋁箔環之間互相排斥而分開。</p> |

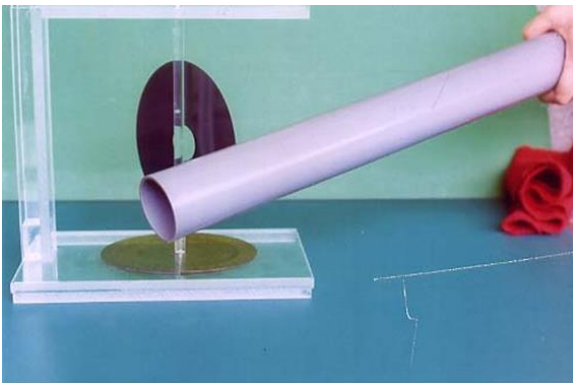


|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>6. 把照片 4 玻璃棒垂直放在桌上，用布摩擦寶特瓶，把寶特瓶套在鋁環外，觀察之，如照片 6。</p> |  <p>照片 6 哇！「電浮」成功了！</p> | <p>照片 6：把照片 4 玻璃棒垂直放在桌上，把用布摩擦過的去底寶特瓶套上，鋁箔被靜電感應，每片鋁箔環都在外環為正、內環為負，所以各鋁箔環之間互相排斥而分開，且靜電力大於重力，造成「電浮」。</p> |
|--|--|--|




### 實驗 3:鉛筆或磁片的旋轉，檢驗靜電

| 一、思考及操作步驟   |  | 二、結果與原理說明   |
|---|--|---|
| <p>1. 鉛筆放在書鎮上，用布摩擦塑膠管，把塑膠管靠近鉛筆，觀察之，如照片 7</p>                |  <p>照片 7 鉛筆放在書鎮上，容易受靜電力的影響而旋轉起舞</p> | <p>照片 7：<br/>帶電的塑膠管靠近鉛筆，鉛筆因靜電感應而被塑膠管吸引，如果塑膠管繞著書鎮旋轉，鉛筆也會「躺」在書鎮上旋轉。</p>                                       |
| <p>2. 裝有水的寶特瓶，在瓶蓋上面橫放一枝鉛筆，用衛生紙摩擦氣球棒，將此氣球棒靠近鉛筆，會如何？如照片 8</p> |  <p>照片 8 隨處可得的寶特瓶與汽球棒，輕鬆玩靜電！</p>   | <p>照片 8：<br/>■鉛筆橫放在寶特瓶蓋上面，帶電的氣球棒靠近鉛筆，鉛筆因靜電感應而被氣球棒吸引，如果氣球棒繞著書鎮旋轉，鉛筆也會「躺」在寶特瓶蓋上旋轉。<br/>■試著將鉛筆換成氣球棒，結果又如何？</p> |
| <p>3. 給磁片一個轉軸，裝置如圖 2</p>                                    |  <p>圖 2 磁片測靜電力</p>                  |   |



|                                       |   |   |
|---------------------------------------|---|---|
| <p>4. 用布摩擦塑膠管,把塑膠管靠近磁片,觀察之,如照片 9。</p> |  <p>照片 9 磁片竟然也這麼容易受靜電力影響!</p> | <p>照片 9:<br/>帶電的塑膠管靠近圖 2 的磁片,磁片因靜電感應而被氣球棒吸引,如果氣球棒繞著磁片旋轉,磁片也會繞著轉軸旋轉。</p> |
|---------------------------------------|---|---|

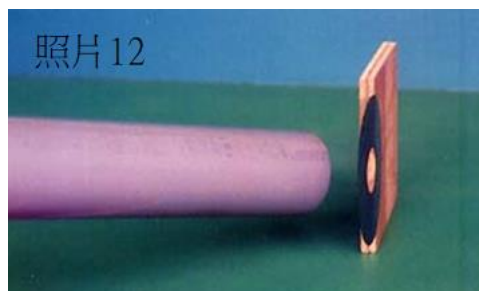
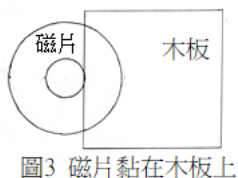
## 實驗 4:一些小東西 follow me

| 一、思考及操作步驟   |  | 二、結果與原理說明  |
|---|--|--|
| <p>1. 塑膠管或保特瓶用布摩擦後,靠近蒲公英種子,觀察之,如照片 10。</p>                            |  <p>照片 10 摩擦過後的塑膠棒,讓蒲公英的種子隨之跳躍!</p> | <p>照片 10、照片 11:<br/>蒲公英種子、木棉花種子、蔥膜、蒜膜都比一般的小紙屑更趣味性。</p>                           |
| <p>2. 塑膠管或保特瓶用布摩擦後,靠近木棉花種子、蔥膜、蒜膜,如照片 11。</p>                          |  <p>照片 11 摩擦過後的塑膠棒,可以吸引蒜膜、蔥末。</p>  |  |
| <p>3. 靠近桌面邊緣,垂直於邊緣放置 3 支約 4cm 長的鉛筆心,用衛生紙摩擦氣球棒,將此氣球棒平行水平貼近鉛筆心,會如何?</p> |                                    | <p>這 3 支鉛筆心都會瞬間被帶電的氣球棒吸引,且這 3 支鉛筆心彼此是分開的,甚至於彼此之間的夾角是 <math>120^\circ</math>。</p> |

## 實驗 5:靜電力的測量

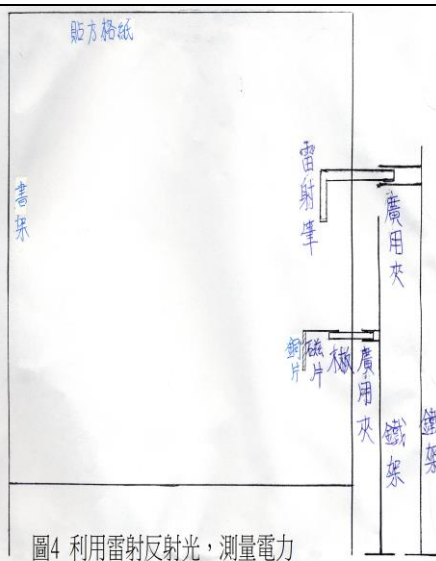
一、 思考及操作步驟/ 二、 結果與原理說明

- 取出磁片，用白膠黏在木板上，如圖 3 照片 12。



照片 12 :黏在木板上的磁片，很容易受帶電的塑膠棒吸引而彎曲。

- 把方格紙貼在書架木板的下表面上。
- 雷射筆、圖 3 的磁片、銅片、書架、方格紙，用廣用夾夾住圖 3 的木板，裝置如圖 4，以水平儀調整，使方格紙及貼磁片的木板皆成水平。



- 量出貼在木板上的磁片到方格紙的垂直距離。
  - 雷射反射後，畫出在方格紙上的位置。
  - 從尾端剪掉一小塊銅片，用電子天平秤出此銅片的重。
  - 繼續每次剪一塊銅片，記錄雷射反射的位置及剪下銅片的重，直至銅片完全剪光為止。
  - 將三次數據輸入電腦，找出關係式，如表 1，表 2，表 3 及圖 5。
- 磁片到方格紙的垂直距離 56.3 cm

表 1

| 第一次實驗 |          |              |         |             |
|-------|----------|--------------|---------|-------------|
| 次數    | 銅片原重(gw) | 每次剪掉的銅片重(gw) | 銅片重(gw) | 雷射反射的位置(cm) |
| 1     | 0.4564   | 0.0000       | 0.4564  | 46.70       |
| 2     | 0.4564   | 0.0263       | 0.4301  | 44.20       |
| 3     | 0.4564   | 0.0502       | 0.4062  | 41.60       |
| 4     | 0.4564   | 0.0637       | 0.3927  | 40.20       |
| 5     | 0.4564   | 0.0908       | 0.3656  | 37.20       |
| 6     | 0.4564   | 0.1066       | 0.3498  | 35.40       |
| 7     | 0.4564   | 0.1191       | 0.3373  | 34.15       |
| 8     | 0.4564   | 0.1328       | 0.3236  | 32.60       |

|    |        |        |        |       |
|----|--------|--------|--------|-------|
| 9  | 0.4564 | 0.1400 | 0.3164 | 30.85 |
| 10 | 0.4564 | 0.1472 | 0.3092 | 30.95 |
| 11 | 0.4564 | 0.1611 | 0.2953 | 29.60 |
| 12 | 0.4564 | 0.1727 | 0.2837 | 28.30 |
| 13 | 0.4564 | 0.1867 | 0.2697 | 26.80 |
| 14 | 0.4564 | 0.2121 | 0.2443 | 24.00 |
| 15 | 0.4564 | 0.2279 | 0.2285 | 22.30 |
| 16 | 0.4564 | 0.2427 | 0.2137 | 20.70 |
| 17 | 0.4564 | 0.2622 | 0.1942 | 18.60 |
| 18 | 0.4564 | 0.2792 | 0.1772 | 16.70 |
| 19 | 0.4564 | 0.2876 | 0.1688 | 15.90 |
| 20 | 0.4564 | 0.2957 | 0.1607 | 14.90 |
| 21 | 0.4564 | 0.3087 | 0.1477 | 13.60 |
| 22 | 0.4564 | 0.3214 | 0.1350 | 12.20 |
| 23 | 0.4564 | 0.3360 | 0.1204 | 10.65 |
| 24 | 0.4564 | 0.3450 | 0.1114 | 9.60  |
| 25 | 0.4564 | 0.3506 | 0.1058 | 9.00  |
| 26 | 0.4564 | 0.3606 | 0.0958 | 8.10  |
| 27 | 0.4564 | 0.3690 | 0.0874 | 7.20  |
| 28 | 0.4564 | 0.3779 | 0.0785 | 6.30  |
| 29 | 0.4564 | 0.3869 | 0.0695 | 5.40  |
| 30 | 0.4564 | 0.3955 | 0.0609 | 4.50  |
| 31 | 0.4564 | 0.4119 | 0.0445 | 3.00  |
| 32 | 0.4564 | 0.4251 | 0.0313 | 2.20  |
| 33 | 0.4564 | 0.4564 | 0.0000 | 0.00  |

**表 2**

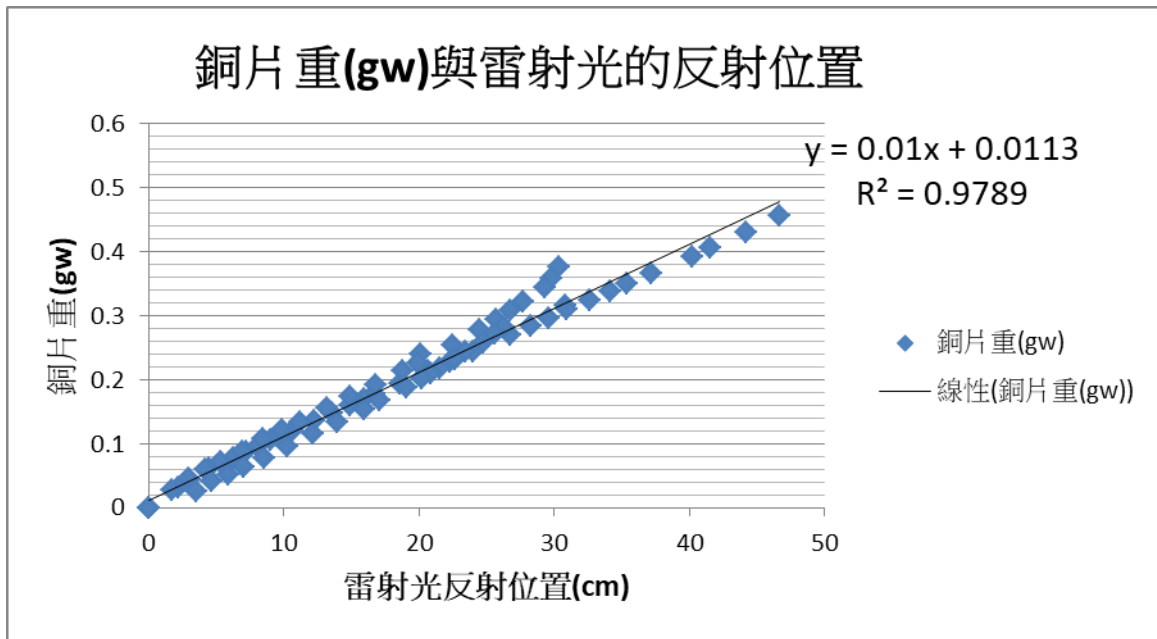
| 第二次實驗 |          |              |         |             |
|-------|----------|--------------|---------|-------------|
| 次數    | 銅片原重(gw) | 每次剪掉的銅片重(gw) | 銅片重(gw) | 雷射反射的位置(cm) |
| 1     | 0.3766   | 0.0000       | 0.3766  | 30.40       |
| 2     | 0.3766   | 0.0178       | 0.3588  | 29.75       |
| 3     | 0.3766   | 0.0324       | 0.3442  | 29.35       |
| 4     | 0.3766   | 0.0554       | 0.3212  | 27.75       |
| 5     | 0.3766   | 0.0677       | 0.3089  | 26.80       |
| 6     | 0.3766   | 0.0824       | 0.2942  | 25.70       |
| 7     | 0.3766   | 0.0991       | 0.2775  | 24.45       |
| 8     | 0.3766   | 0.1230       | 0.2536  | 22.45       |
| 9     | 0.3766   | 0.1358       | 0.2408  | 20.15       |
| 10    | 0.3766   | 0.1505       | 0.2261  | 19.90       |
| 11    | 0.3766   | 0.1637       | 0.2129  | 18.75       |
| 12    | 0.3766   | 0.1841       | 0.1925  | 16.75       |
| 13    | 0.3766   | 0.2038       | 0.1728  | 14.85       |

|    |        |        |        |       |
|----|--------|--------|--------|-------|
| 14 | 0.3766 | 0.2216 | 0.1550 | 13.15 |
| 15 | 0.3766 | 0.2419 | 0.1347 | 11.20 |
| 16 | 0.3766 | 0.2544 | 0.1222 | 9.85  |
| 17 | 0.3766 | 0.2691 | 0.1075 | 8.45  |
| 18 | 0.3766 | 0.2887 | 0.0879 | 6.95  |
| 19 | 0.3766 | 0.3043 | 0.0723 | 5.35  |
| 20 | 0.3766 | 0.3178 | 0.0588 | 4.15  |
| 21 | 0.3766 | 0.3315 | 0.0451 | 2.95  |
| 22 | 0.3766 | 0.3489 | 0.0277 | 1.75  |
| 23 | 0.3766 | 0.3766 | 0.0000 | 0.00  |

**表 3**

| 第三次實驗 |          |              |         |             |
|-------|----------|--------------|---------|-------------|
| 次數    | 銅片原重(gw) | 每次剪掉的銅片重(gw) | 銅片重(gw) | 雷射反射的位置(cm) |
| 1     | 0.2827   | 0            | 0.2827  | 26.30       |
| 2     | 0.2827   | 0.0098       | 0.2729  | 25.65       |
| 3     | 0.2827   | 0.0242       | 0.2585  | 24.75       |
| 4     | 0.2827   | 0.0388       | 0.2439  | 23.45       |
| 5     | 0.2827   | 0.0505       | 0.2322  | 22.65       |
|       | 0.2827   | 0.0658       | 0.2169  | 21.55       |
| 7     | 0.2827   | 0.0731       | 0.2096  | 20.85       |
| 8     | 0.2827   | 0.0805       | 0.2022  | 20.25       |
| 9     | 0.2827   | 0.0939       | 0.1888  | 19.05       |
| 10    | 0.2827   | 0.1152       | 0.1675  | 17.05       |
| 11    | 0.2827   | 0.1298       | 0.1529  | 15.95       |
| 12    | 0.2827   | 0.1489       | 0.1338  | 13.95       |
| 13    | 0.2827   | 0.1669       | 0.1158  | 12.15       |
| 14    | 0.2827   | 0.1872       | 0.0955  | 10.25       |
| 15    | 0.2827   | 0.2045       | 0.0782  | 8.55        |
| 16    | 0.2827   | 0.2186       | 0.0641  | 7.05        |
| 17    | 0.2827   | 0.2304       | 0.0523  | 5.85        |
| 18    | 0.2827   | 0.2419       | 0.0408  | 4.65        |
| 19    | 0.2827   | 0.2566       | 0.0261  | 3.55        |
| 20    | 0.2827   | 0.2827       | 0       | 0.00        |

圖 5



9. 找出磁片的「狀態方程式」。

磁片「狀態方程式」為  $Y=0.01X+0.0113$ (如圖 5 所示)

10. 用布摩擦塑膠管，把塑膠管靠近磁片，觀察並紀錄雷射光反射的位置 X，如照片 13。



照片 13 利用雷射光反射，測靜電力大小。

11. 把 X 代入狀態方程式，即可求出靜電力。



## 實驗6 磁力的測量

### 一、 思考及操作步驟/ 二、結果與原理說明

1. 把捲尺剪成鐵片條，黏在木板上。
2. 方格紙貼在書架木板的下表面上。
3. 雷射筆、鐵片條、保險絲、書架裝置如照片 14。(圖 4 的磁片改為鐵片條，銅片改為保險絲)



照片 14 畫出雷射光反射後的位置。

4. 量出貼在木板上的鐵片條到方格紙的垂直距離。
5. 雷射反射後，畫出雷射光在方格紙上的位置。
6. 從尾端剪掉一小塊保險絲，用電子天平秤出此保險絲的重。
7. 繼續每次剪一塊保險絲，記錄雷射反射的位置及剪下保險絲的重，直至保險絲完全剪光為止。
7. 將兩次實驗數據輸入電腦，找出關係式，如表 4，表 5 及圖 6。  
鐵片條到方格紙的垂直距離 54.7 cm

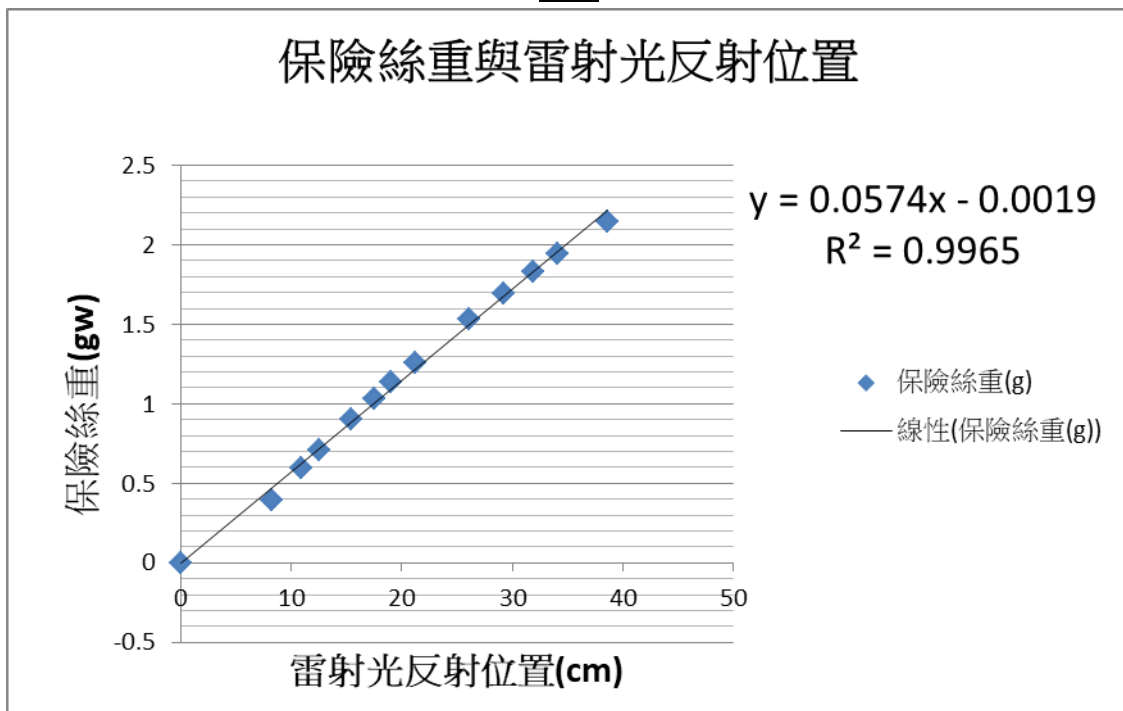
**表 4**

| 第一次實驗 |          |              |         |              |
|-------|----------|--------------|---------|--------------|
| 次數    | 保險絲原重(g) | 每次剪掉的保險絲重(g) | 保險絲重(g) | 雷射光反射的距離(cm) |
| 1     | 2.1470   | 0.0000       | 2.1470  | 38.60        |
| 2     | 2.1470   | 0.2017       | 1.9453  | 34.05        |
| 3     | 2.1470   | 0.3166       | 1.8304  | 31.95        |
| 4     | 2.1470   | 0.4523       | 1.6947  | 29.25        |
| 5     | 2.1470   | 0.6126       | 1.5344  | 26.10        |
| 6     | 2.1470   | 0.8901       | 1.2569  | 21.25        |
| 7     | 2.1470   | 1.0078       | 1.1392  | 19.10        |
| 8     | 2.1470   | 1.1156       | 1.0314  | 17.55        |
| 9     | 2.1470   | 1.2416       | 0.9054  | 15.45        |
| 10    | 2.1470   | 1.4348       | 0.7122  | 12.55        |
| 11    | 2.1470   | 1.5483       | 0.5987  | 10.90        |
| 12    | 2.1470   | 1.7523       | 0.3947  | 8.25         |
| 13    | 2.1470   | 2.1470       | 0.0000  | 0.00         |

表 5

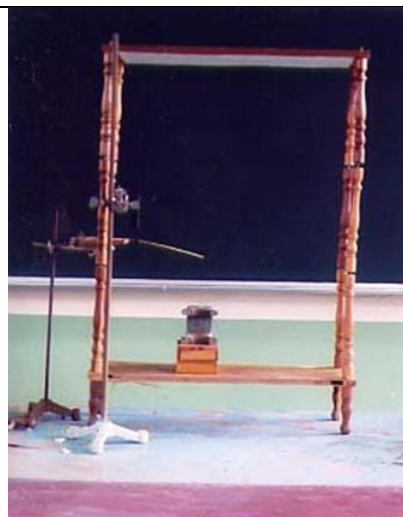
| 第二次實驗 |          |              |         |              |
|-------|----------|--------------|---------|--------------|
| 次數    | 保險絲原重(g) | 每次剪掉的保險絲重(g) | 保險絲重(g) | 雷射光反射的距離(cm) |
| 1     | 2.1470   | 0.0000       | 2.1470  | 38.60        |
| 2     | 2.1470   | 0.2017       | 1.9453  | 34.05        |
| 3     | 2.1470   | 0.3166       | 1.8304  | 31.95        |
| 4     | 2.1470   | 0.4523       | 1.6947  | 29.25        |
| 5     | 2.1470   | 0.6126       | 1.5344  | 26.10        |
| 6     | 2.1470   | 0.8901       | 1.2569  | 21.25        |
| 7     | 2.1470   | 1.0078       | 1.1392  | 19.10        |
| 8     | 2.1470   | 1.1156       | 1.0314  | 17.55        |
| 9     | 2.1470   | 1.2416       | 0.9054  | 15.45        |
| 10    | 2.1470   | 1.4348       | 0.7122  | 12.55        |
| 11    | 2.1470   | 1.5483       | 0.5987  | 10.90        |
| 12    | 2.1470   | 1.7523       | 0.3947  | 8.25         |
| 13    | 2.1470   | 2.1470       | 0.0000  | 0.00         |

圖 6



8. 找出鐵片條的「狀態方程式」。鐵片條的「狀態方程式」為  $Y=0.0574X-0.0019$

9. 磁鐵放在鐵片條下方，觀察並紀錄雷射光反射的位置 X，如照片 15。



照片 15 測磁力與距離的關係之實驗裝置

10. 把 X 代入狀態方程式，即可求出磁力。

## 實驗 7 磁力與距離的關係

一、 思考及操作步驟/ 二、結果與原理說明

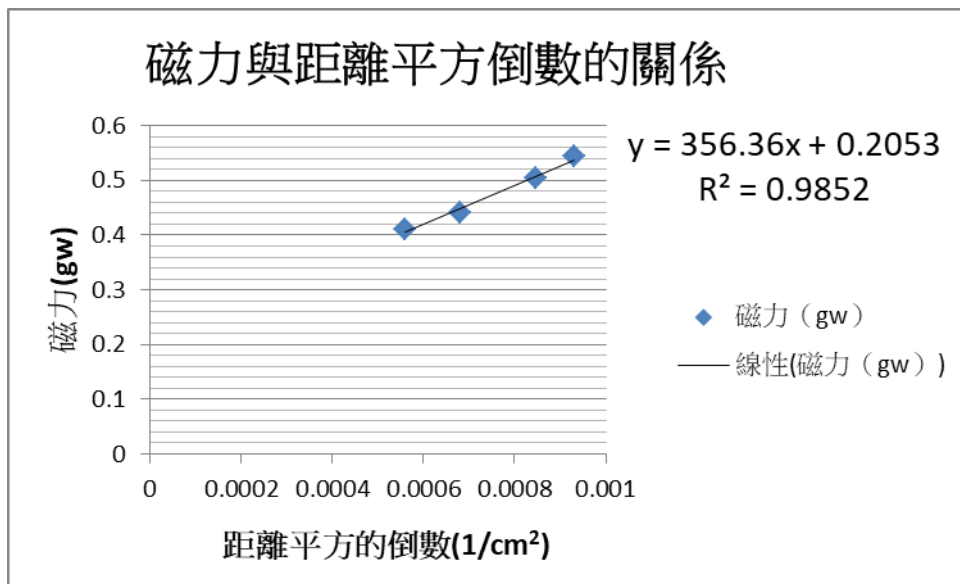
1. 把磁鐵放在鐵片條下方，如照片 15，觀察並紀錄雷射光反射的位置 X，改變磁鐵到鐵片條的距離，紀錄 X。

2. 把 X 代入「狀態方程式」，算出磁力，找出磁力與距離平方的關係，如表 6 及圖 7。

**表 6**

| 第一次實驗 |         |                        |                           |               |         |
|-------|---------|------------------------|---------------------------|---------------|---------|
| 次數    | 距離 (cm) | 距離平方 (cm) <sup>2</sup> | 距離平方的倒數 1/cm <sup>2</sup> | 雷射光反射的位置 (cm) | 磁力 (gw) |
| 1     | 42.25   | 1785.063               | 0.000560204               | 7.2           | 0.41138 |
| 2     | 38.3    | 1466.89                | 0.000681714               | 7.7           | 0.44008 |
| 3     | 34.35   | 1179.923               | 0.000847513               | 8.8           | 0.50322 |
| 4     | 32.75   | 1072.563               | 0.000932347               | 9.5           | 0.54340 |

圖 7



### 參、探究實作引導問題：

一、除了實驗 2、實驗 3、實驗 4 的趣味靜電實驗和一些大家熟知的靜電實驗之外，學生們還能不能設計其他靜電實驗。(即使是眾所皆知的靜電章魚，也可以讓學生討論出更多實驗。還有，實驗 3 的 2，保持瓶上的鉛筆、產生靜電的氣球棒、衛生紙，可以改為何種材質，也能有這麼好甚至更好的效果。)

#### 二、實驗 5：

1. 若入射線不變，鏡面轉動  $\theta$ ，則反射線轉動  $2\theta$ ，利用此原理，把磁片受力形變的效果「放大」。
2. 拉大磁片與方格紙的距離，把磁片受力形變的效果再「放大」。
3. 磁片的狀態方程式為  $Y=0.01X+0.0113$
4. 未知的靜電力，只要帶電體放在磁片下方，讀出雷射光反射位置  $X$  值，即可算出靜電力  $Y$
5. 若靜電力太大，雷射光反射超出方格紙外，可把方格紙高度下降，量出磁片到方格紙距離，再利用相似三角形，比出當磁片與方格紙距離為 56.3cm 時的數值  $X$ ，即可帶入「狀態方程式」，求出靜電力。

#### 三、實驗 6：

1. 利用鐵片條能夠被磁鐵吸引及鐵片條具有彈性的特性，來測出「狀態方程式」
2. 因銅片重量不易使鐵片條產生形變，故改用保險絲替代。
3. 鐵片條的狀態方程式為  $Y=0.0574X-0.0019$
4. 未知的磁力，只要磁鐵放在鐵片條下方，讀出雷射光反射位置  $X$  值，即可算出磁力  $Y$
5. 若磁力太大，雷射光反射超出方格紙外，可把方格紙高度下降，量出鐵片條到方格紙距離，再利用相似三角形，比出當鐵片條與方格紙距離為 54.7cm 時的數值  $X$ ，即可帶入「狀態方程式」，求出磁力。

6. 狀態方程式的斜率有彎曲形變的彈性係數的涵義。
7. 用此方法，可進一步研究彈性係數。

#### 四、實驗 7：

1. 同一塊磁鐵，距離愈近，磁力愈強。
2. 同一塊磁鐵，磁力與距離的平方的倒數成正比，如圖 7。也就是磁力與距離的平方成反比。

#### 五、綜合上述實驗，我們的主要創意是：

1. 實驗 2、實驗 3、實驗 4 都是靜電的趣味科學實驗，「電浮」、磁片的旋轉、蒲公英…，都是我們創新的靜電實驗，可當國中小的實驗教材。「電浮」是我們的「最愛」。
2. 若入射線不變，鏡面轉動  $\theta$ ，則反射線轉動  $2\theta$ ，利用此原理，把磁片受力形變的效果「放大」。
3. 拉大磁片與方格紙的距離，把磁片受力形變的效果再「放大」。
4. 我們把課本裡靜電的「定性」層次，推進到「定量」層次。
5. 科學史上，庫倫以高級精密的扭力天平，圖 8，測量微弱的靜電力，而我們利用雷射與磁片測量靜電力，並進而作各種靜電力的探討。
6. 更進一步，我們利用雷射與捲尺的鐵片條，作磁力的測量。
7. 一般的彈簧秤不能測出微弱的靜電力，也不方便精確的測出不同距離的磁力，我們利用雷射與磁片的對話、雷射與捲尺鐵片條的對話，解決問題。
8. 還可利用本實驗設計，更進一步廣泛的測定多種不同材質，彎曲形變的彈性係數。



- 六、實驗 6、實驗 7 都是實驗 5 再繼續探究的實驗，作完實驗 5，可試試看學生能不能想到要應用到磁力，甚至探討多種不同材質，彎曲形變的彈性係數。
- 七、希望能提供大家在「探究與實作」上的一點參考資料。拋磚引玉，希望大家能搞出更多實驗設計。



# 創意科普教具設計競賽

| 教具名稱                                       | 搖搖來電  | 設計者      | 陳妍臻      |      |  |  |          |          |          |  |  |  |  |  |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
|--|---|----------|----------|------|--|--|----------|----------|----------|--|--|--|--|--|------|------|------|------|--|--|--|--|--|
| 適用對象                                       | <input type="checkbox"/> 國小 <input checked="" type="checkbox"/> 國中 <input checked="" type="checkbox"/> 高中 <input checked="" type="checkbox"/> 大學 <input checked="" type="checkbox"/> 一般民眾   |          |          |      |  |  |          |          |          |  |  |  |  |  |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
| 參賽組別                                       | 順位 1. 國中    2. 高中    3. 大學    4. 一般民眾   |          |          |      |  |  |          |          |          |  |  |  |  |  |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
| 活動目標                                       | 一、藉由實驗演示，讓學生學習電磁感應的基本原理<br>二、藉由實驗演示，讓學生學習將理論與實際結合   |          |          |      |  |  |          |          |          |  |  |  |  |  |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
| 操作時間                                       | 45 分鐘   |          |          |      |  |  |          |          |          |  |  |  |  |  |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
| 器材   | 材料:透明塑膠管(長度約 50cm,內直徑:2cm 或配合磁鐵直徑即可)+兩個蓋子、強力磁鐵(直徑 1.9cm 或是配合塑膠管內徑即可)、漆包線(0.3mm)、紅、綠、藍 LED 燈各一顆、快速接頭 3 個、束帶 6 條  |          |          |      |  |  |          |          |          |  |  |  |  |  |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
| 探究實作<br>引導問題                               | <p><b>1. 線圈數問題</b></p> <p>(1)操縱變因：線圈數(200 圈、400 圈、600 圈)</p> <p>(2)控制變因：相同強力磁鐵、磁鐵落下距離相同(不同線圈數皆移在塑膠管正中間(距離頭尾約 25 公分))、皆用藍光 LED 燈測試</p> <p>(3)應變變因：LED 燈是否發亮(可填不亮、微亮、亮)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px 0;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 15%;">200<br/>圈</th> <th style="width: 15%;">400<br/>圈</th> <th style="width: 10%;">600<br/>圈</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>燈泡是否發亮<br/>(相同強力磁鐵、相同磁鐵落下距離、皆為藍光 LED 燈)</td> <td style="height: 40px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p><b>2. 磁鐵掉落距離問題</b></p> <p>(1)操縱變因：磁鐵掉落距離(10cm、20cm、30cm、40cm)</p> <p>(2)控制變因：相同強力磁鐵、相同線圈數(200 圈)、皆用藍光 LED 燈測試</p> <p>(3)應變變因：LED 燈是否發亮(可填不亮、微亮、亮)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px 0;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 10%;">10cm</th> <th style="width: 10%;">20cm</th> <th style="width: 10%;">30cm</th> <th style="width: 10%;">40cm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>燈泡是否發亮<br/>(相同強力磁鐵、相同線圈數(200 圈)、皆為藍光 LED 燈)</td> <td style="height: 40px;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |          |          |      |  |  | 200<br>圈 | 400<br>圈 | 600<br>圈 | 燈泡是否發亮<br>(相同強力磁鐵、相同磁鐵落下距離、皆為藍光 LED 燈) |  |  |  |  | 10cm | 20cm | 30cm | 40cm | 燈泡是否發亮<br>(相同強力磁鐵、相同線圈數(200 圈)、皆為藍光 LED 燈) |  |  |  |  |
|  | 200<br>圈  | 400<br>圈 | 600<br>圈 |      |  |  |          |          |          |  |  |  |  |  |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
| 燈泡是否發亮<br>(相同強力磁鐵、相同磁鐵落下距離、皆為藍光 LED 燈)     |   |          |          |      |  |  |          |          |          |  |  |  |  |  |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
|  | 10cm  | 20cm     | 30cm     | 40cm |  |  |          |          |          |  |  |  |  |  |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
| 燈泡是否發亮<br>(相同強力磁鐵、相同線圈數(200 圈)、皆為藍光 LED 燈) |   |          |          |      |  |  |          |          |          |  |  |  |  |  |      |      |      |      |  |  |  |  |  |

### 3. 磁鐵種類問題

- (1) 操縱變因：磁鐵種類(強力磁鐵 V. S 普通氧化鐵磁鐵)  
 (2) 控制變因：磁鐵落下距離相同(不同線圈數皆移在塑膠管正中間(距離頭尾約 25 公分))、相同線圈數(400 圈)、皆用藍光 LED 燈測試  
 (3) 應變變因：LED 燈是否發亮(可填不亮、微亮、亮)

| 磁鐵種類                                       | 強力磁鐵 | 普通氧化鐵磁鐵 |
|--|------|---------|
| 燈泡是否發亮<br>(相同落下距離、相同線圈數(400 圈)、皆為藍光 LED 燈) |      |         |

### 4. LED 燈種類問題

- (1) 操縱變因：LED 燈種類  
 (2) 控制變因：磁鐵落下距離相同(掉落距離移至 10 公分處)、相同線圈數(200 圈)、相同強力磁鐵  
 (3) 應變變因：LED 燈是否發亮(可填不亮、微亮、亮)

| LED 燈種類   | 紅光 | 綠光 | 藍光 |
|---|----|----|----|
| 燈泡是否發亮<br>(相同落下距離(掉落距離移至 10 公分處)、相同線圈數(200 圈)、相同強力磁鐵) |    |    |    |

5. 根據上述實驗，哪一種 LED 燈的啟動電壓可能較低?哪一種較高?

### 6. 綜合討論

- (1) 若是將強力磁鐵放置在線圈中間不動，LED 燈是否會發亮?  
 (2) 根據上述各項實驗，請學生歸納出哪些可能是影響電磁感應的因素

### 7. 延伸問題:

- (1) 使用較細或是較粗的漆包線，對實驗是否有影響?  
 (2) LED 的兩端有分正負，若是在做搖搖來電時 LED 燈可發亮，為什麼不管磁鐵從哪端通過接可發亮，且將正負端交換接，磁鐵通過時也都可發亮?  
 (3) 磁鐵在通過線圈的時候，速度會變快還是變慢?

8. 綜合練習：若有另一位學生做了下列下七次實驗，請學生推論，第八次的實驗，LED 燈是否可以發亮，並且請寫出是根據哪組實驗來推論，理由為何？

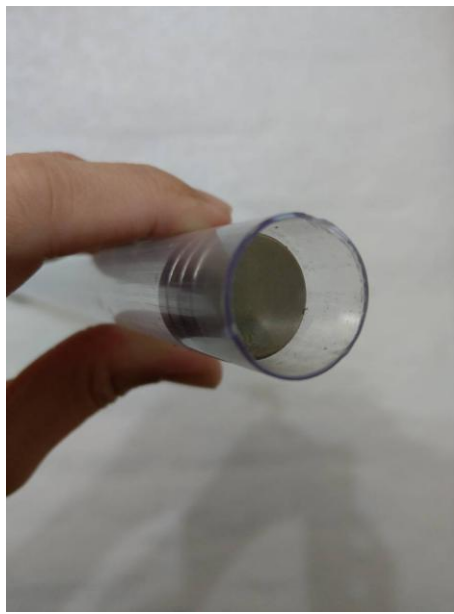
| 編號 | 燈泡種類     | 磁鐵掉落距離 | 線圈數 | 磁鐵種類 | 燈泡是否有亮 |
|----|----------|--------|-----|------|--------|
| 1  | 藍光 LED 燈 | 10cm   | 100 | 普通磁鐵 | 否      |
| 2  | 藍光 LED 燈 | 10cm   | 100 | 強力磁鐵 | 否      |
| 3  | 藍光 LED 燈 | 40cm   | 400 | 普通磁鐵 | 是      |
| 4  | 藍光 LED 燈 | 10cm   | 200 | 強力磁鐵 | 否      |
| 5  | 藍光 LED 燈 | 40cm   | 200 | 普通磁鐵 | 否      |
| 6  | 藍光 LED 燈 | 40cm   | 200 | 強力磁鐵 | 是      |
| 7  | 藍光 LED 燈 | 10cm   | 200 | 普通磁鐵 | 否      |
| 8  | 藍光 LED 燈 | 40cm   | 400 | 強力磁鐵 |        |

### 圖示

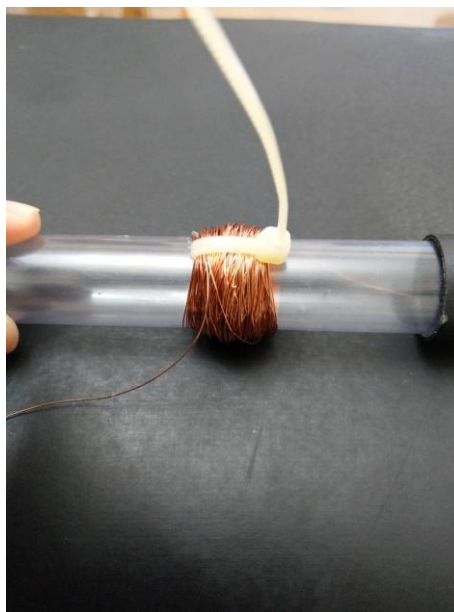
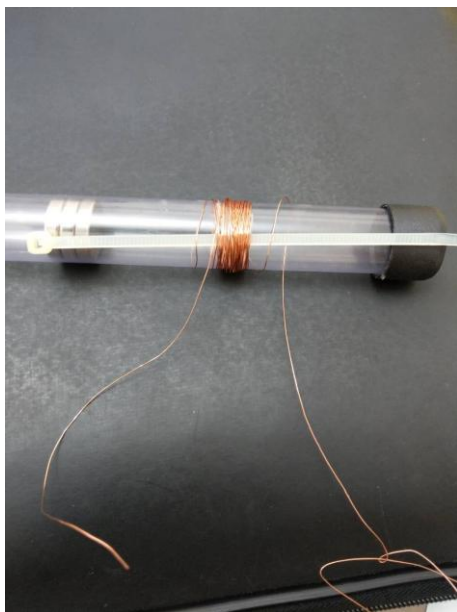


### 操作步驟

1、準備一組透明塑膠管，內直徑約 2cm，上下端皆有塑膠蓋或是使用泡棉塞住



2、準備適合大小的強力磁鐵和普通氧化鐵磁鐵，直徑大小約 1.9cm（直徑大小須能放進塑膠管內，且與塑膠管的內徑差距約在 1~2mm，若是無剛好的磁鐵亦可改變塑膠管的尺寸，使兩者互相配合）



3、準備漆包線(0.3mm)，先放置一條束帶在管壁上後，將漆包線壓著束帶並纏繞在塑膠管上，依照此步驟分別纏繞 200 圈、400 圈、600 圈



4、纏繞完後，利用砂紙把漆包線頭尾兩端的漆刮除



5、利用快速接頭連接漆包線和 LED 燈



6、利用束帶，可調整線圈的位置，可使磁鐵烙下的距離不同，觀察 LED 燈是否發亮





7、改變不同磁鐵，觀察 LED 燈發亮的狀況是否不同



8、將塑膠管纏繞三種不同的線圈數，並且挪動到不同位置，觀察線圈數是否影響 LED 燈發亮



9、固定線圈數(200 圈)與落下距離(約 10cm)和強力磁鐵，但是裝上不同色光的 LED 燈，觀察不同色光的 LED 燈是否都能發亮