

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組生活與應用科學科

080804

臺北縣鶯歌鎮昌福國民小學

指導老師姓名

高慧芬

陳玟燕

作者姓名

邱巧宜

章力臻

陳玉鳳

蘇峻毅

柳銘恩

張峻豪

# 作品名稱：親愛的，擦地看我！~ 電動擦地機

## 壹、摘要

從自然與生活科技領域課程中，我們學到了很多知識理論，其實它所包含的知識並不是遙不可及的；如果能用心觀察，我們將會發現它都應用在我們生活中。

在「巧妙的用力工具」單元中，我們除了課堂上所學的基本知識外，更以小組合作學習方式，深入探究，將輪軸、齒輪等簡單機械的作用原理，應用於生活中，解決生活中所面臨的相關問題，我們以科學的方法，觀察、假設、討論、實驗、計畫、設計、資料蒐集分析、並運用電腦科技資訊等方式，不斷的嘗試錯誤，一次又一次的修正錯誤，克服困難，以科學精神完成了我們所研發的作品~獨一無二的電動擦地機。

設計創作的歷程中，我們體會到團隊合作，腦力激盪的快樂，更感受到自然領域知識的奧妙。期許未來，我們將善用研發的電動擦地機，並不斷地致力於實驗改進，應用於生活中。

## 貳、研究動機

每天看到媽媽蹲在地上擦地，非常辛苦，所以我們就想如果能做一臺擦地機的話，就可以幫媽媽分擔許多辛勞，媽媽就不會那麼累了，剛好我們在上自然課「巧妙的用力工具」這一單元後，發覺可以應用課堂上所學到的基本知識，深入探究，並在老師的引導下，將槓桿、輪軸、齒輪等機械作用原理，應用於生活中，創造發明一臺電動擦地機，開啟了我們的創作設計發明之旅。

## 參、研究目的

- 一、齒輪轉動的方向與圈數的研究
- 二、應用輪軸和齒輪的原理設計擦地機
- 三、擦地機的車體結構材料研究
- 四、驅動輪胎的研究
- 五、擦地機清潔效果的研究

## 肆、研究設備及器材

大齒輪(36齒)3個、中齒輪(24齒)2個、小齒輪(12齒)6個、塑膠套環 36個、壓克力板 4片、長鐵棒 4支、短鐵棒 6支、美勞課用的小滾筒、電鑽、三秒膠、焊槍、磅秤、電動遙控車一台、毛巾、不織布、刷毛棉布、棉布、防塵布、海棉墊(各 1m)、燒杯、小掃把、小畚箕。

## 伍、研究過程與方法

- 一、齒輪轉動的方向與圈數的研究  
(一)齒輪的齒狀相同才會咬合，要不然會空轉、跳掉或不動。

(二) 實驗 1：齒輪組的組合方式不同，對齒輪組運轉方向之影響

順時針方向：( + ) 逆時針方向：( - )

1. 操縱變因：齒輪組的組合方式
2. 不變變因：
  - (1) 大齒輪 36 齒，小齒輪 24 齒
  - (2) 相同的操作平台
  - (3) 同方向轉動齒輪組的第一個齒輪軸，且都轉 1 圈
3. 應變變因：齒輪組運轉的方向
  - (1) A 組：2 個大齒輪( 36 齒)，直線排列組合在一起運轉
  - (2) B 組：2 個小齒輪( 24 齒)，直線排列組合在一起運轉
  - (3) C 組：3 個小齒輪( 24 齒)，直線排列組合在一起運轉
  - (4) D 組：一大( 36 齒)一小( 24 齒)一大( 36 齒)一小( 24 齒)的齒輪，直線排列組合一起運轉
4. 順時針方向轉動齒輪組的第一個齒輪時，齒輪組運轉方向變化表 (表一)

組別 \ 齒輪組的運轉情形	第一個齒輪逆時針方向轉時齒輪組的運轉情形
(A) 組齒輪 (圖 1) 36 齒-36 齒-	+ -
(B) 組齒輪 (圖 2) 24 齒-24 齒	+ -
(C) 組齒輪 (圖 3) 24 齒-24 齒-24 齒	+ - +
(D) 組齒輪 (圖 4) 36 齒-24 齒-36 齒-24 齒	+ - + -

5. 逆時針方向轉動齒輪組的第一個齒輪時，齒輪組運轉方向變化表 (表二)

組別 \ 齒輪組的運轉情形	第一個齒輪逆時針方向轉時齒輪組的運轉情形
(A) 組齒輪 (圖 1) 36 齒-36 齒-	- +
(B) 組齒輪 (圖 2) 24 齒-24 齒	- +
(C) 組齒輪 (圖 3) 24 齒-24 齒-24 齒	- + -
(D) 組齒輪 (圖 4) 36 齒-24 齒-36 齒-24 齒	- + - +



(A) 組齒輪 (圖 1)  
36 齒-36 齒-



(B) 組齒輪 (圖 2)  
24 齒-24 齒



(C) 組齒輪 (圖 3)  
36 齒-36 齒-36 齒



(D) 組齒輪 (圖 4)  
36 齒-24 齒-36 齒-24 齒

6. 我們發現：

(1) 以 A、B、C、D 對照組的方式，進行實驗。

若手以順時針方向轉動每組的第一個齒輪轉軸一圈時(表一)：

A 齒輪組的運轉方向，依序是：順時針—逆時針

B 齒輪組的運轉方向，依序是：順時針—逆時針—順時針

C 齒輪組的運轉方向，依序是：順時針—逆時針—順時針

D 齒輪組的運轉方向，依序是：順時針—逆時針—順時針—逆時針

(2) 以 A、B、C、D 對照組的方式，進行實驗。

若手以逆時針方向轉動每組的第一個齒輪轉軸一圈時(表二)：

A 齒輪組的運轉方向，依序是：逆時針—順時針

B 齒輪組的運轉方向，依序是：逆時針—順時針—逆時針

C 齒輪組的運轉方向，依序是：逆時針—順時針—逆時針

D 齒輪組的運轉方向，依序是：逆時針—順時針—逆時針—順時針

7. 研究結果：

由(1)(2)得知：

- (1) 相鄰咬合的兩齒輪，運轉的方向相反；相間隔的兩齒輪，運轉方向相同
- (2) 齒輪組運轉方向，和第一個受力的齒輪方向有關，且一順時針一逆時針或一逆時針一順時針，依序交互變化。

(三) 實驗 2：二個相鄰咬合齒輪的齒數，對齒輪轉動圈數之影響

1. 操縱變因：齒輪的組合方式

E 組：組合 2 個齒輪，分別是 24 齒 24 齒

F 組：組合 2 個齒輪，分別是 12 齒 12 齒

2. 控制變因：

- (1) 大齒輪 24 齒，小齒輪 12 齒
- (2) 每組齒輪組的個數 2 個
- (3) 相同的操作平台
- (4) 轉動各齒輪組的第一個齒輪圈數相同

3. 應變變因：齒輪轉動圈數

4. 齒輪之齒數不同，對齒輪轉動圈數影響之紀錄表 (表三)

組別 \ 齒輪轉動圈數	第一個齒輪轉的圈數 G	第二個齒輪轉的圈數 H	關係
E 組 (圖 5) 24 齒 - 24 齒 (e1)(e2)	1	1	兩齒輪的齒數相同 $e1=e2$
	2	2	齒輪轉的圈數相同
	3	3	$I \times e1=J \times e2$
F 組(圖 6) 24 齒 - 12 齒 (f1)(f2)	1	2	兩齒輪的齒數不相同 $f1=2 \times f2$
	2	4	齒輪轉的圈數不相同
	3	6	$I \times f1=J \times f2$
G 組(圖 7) 24 齒-36 齒 (g1)(g2)	1	2/3	兩齒輪的齒數不相同 $g1=2/3 \times g2$
	2	4/3	齒輪轉的圈數不相同
	3	2	$I \times g1=J \times g2$

e1、 e2：E 組的齒輪齒數

f1、 f2：F 組的齒輪齒數

g1、 g2：G 組的齒輪齒數

I：第一個齒輪轉的圈數

J：第二個齒輪轉的圈數

5. 我們發現：

(1) 第一個齒輪轉一齒時，第二個齒輪也會被嚙合一齒

$$(2) 1 \times e_1 = 1 \times 24 \text{ 齒} = 1 \times e_2$$

$$2 \times e_1 = 2 \times 24 \text{ 齒} = 2 \times e_2$$

$$3 \times e_1 = 3 \times 24 \text{ 齒} = 3 \times e_2$$

當  $e_1 = e_2$  齒數相同時，齒輪轉的圈數也會相同

$$(3) 1 \times f_1 = 1 \times 24 \text{ 齒} = 2 \times 12 \text{ 齒} = 2 \times f_2$$

$$2 \times f_1 = 2 \times 24 \text{ 齒} = 4 \times 12 \text{ 齒} = 4 \times f_2$$

$$3 \times f_1 = 3 \times 24 \text{ 齒} = 6 \times 12 \text{ 齒} = 6 \times f_2$$

$$(4) 1 \times g_1 = 1 \times 24 \text{ 齒} = \frac{2}{3} \times 36 \text{ 齒} = \frac{2}{3} \times g_2$$

$$2 \times g_1 = 2 \times 24 \text{ 齒} = \frac{4}{3} \times 36 \text{ 齒} = \frac{4}{3} \times g_2$$

$$3 \times g_1 = 3 \times 24 \text{ 齒} = 2 \times 36 \text{ 齒} = 2 \times g_2$$

由 (1)(2)(3)(4) 得知，齒輪的齒數，會影響齒輪轉動的圈數



(E)組齒輪 (圖 5)

24 齒-24 齒



(F)組齒輪 (圖 6)

24 齒-12 齒



(G)組齒輪 (圖 7)

24 齒-36 齒

6. 研究結果

(1) 二齒輪的齒數相同時，則二齒輪轉的圈數相同

(2) 二齒輪的齒數不同時，則 A 齒輪齒數  $\times$  A 齒輪轉動圈數 = B 齒輪齒數  $\times$  B 齒輪轉動圈數

## 二、應用輪軸和齒輪的原理設計電動擦地機

(一) 觀察生活中可以運轉的結構。如：玩具車

(二) 設計電動擦地機的結構表(表四), 見(圖8)





紅色部分包含齒輪和滾筒，黃色部分是車體(圖8)



<p>驅動部份</p>	<p>(1) 電動遙控車，後輪驅動前輪            (2) 前輪和小齒輪 1 同軸，所以前輪和小齒輪 1 所轉的圈數相同。            (3) 小齒輪 1 和大齒輪 1 相咬合，所以小齒輪 1(12 齒)：大齒輪 1(36 齒)所轉的圈數比=3:1，而且方向相反            (4) 大齒輪 1 和小齒輪 2 相咬合，所以大齒輪 1：小齒輪 2 所轉的圈數比=1:3，，而且方向相反            (5) 大齒輪 2 和小齒輪 2 同軸，所以大齒輪 2 和小齒輪 2 所轉的圈數相同，而且方向相同            (6) 綜合以上分析，車輪(小齒輪 1)：大齒輪 2 所轉的圈數比=9:1</p>
<p>放布部份</p>	<p>(1) 大齒輪 3 和大齒輪 2 相咬合，所以大齒輪 2 和大齒輪 3 所轉的圈數相同，而且方向相反            (2) 小齒輪 1、2 和大齒輪 1、2 的設計是為了使車輪和大齒輪 3 所轉的圈數比=9:1，以增加摩擦力，地才會擦的乾淨</p>
<p>收布部份</p>	<p>(1) 收布的中齒輪(24 齒)和放布的大齒輪 3(36 齒)相咬合，所以中齒輪：大齒輪 3 所轉的圈數比 = 3:2            (2) 因為考慮到一開始時，放布有厚度而收布並無厚度，所以設計成 3:2 的圈數比，以免布下垂鬆脫，阻礙前進</p>
<p>擦地部份</p>	<p>(1) 以美術課用的小滾筒壓於前端，使布由放布的軸心通過滾筒壓於地面再回到收布的軸心，以達到清潔的效果</p>

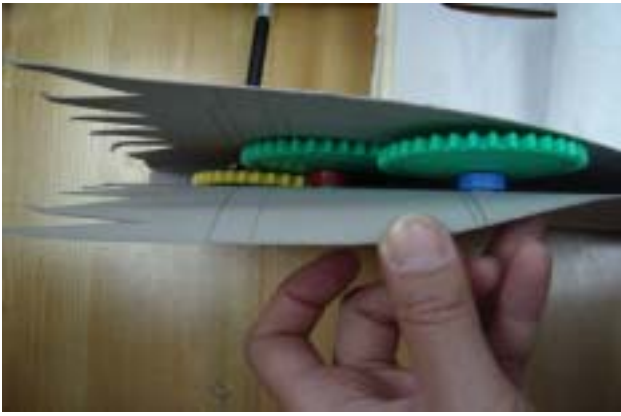
### 三、擦地機的車體結構材料研究歷程

- (一) **陶土齒輪**：陶土齒輪、竹筷子軸心 (圖 9)
- (二) **保麗龍齒輪**：保麗龍齒輪、竹筷子軸心、吸管軸心 (圖 10)
- (三) **資源再利用**：玩具車輪子、鐵絲軸心 (圖 11、12、13)
- (四) **塑膠齒輪紙板擦地機**：塑膠齒輪、竹筷子軸心、衛生紙滾筒擦地、硬紙板二側隔板 (圖 14、15、16)
- (五) **壓克力板電動擦地機**：電動遙控車、塑膠齒輪、空心鐵棒軸心、滾筒、壓克力二側隔板(圖 17、18、19)

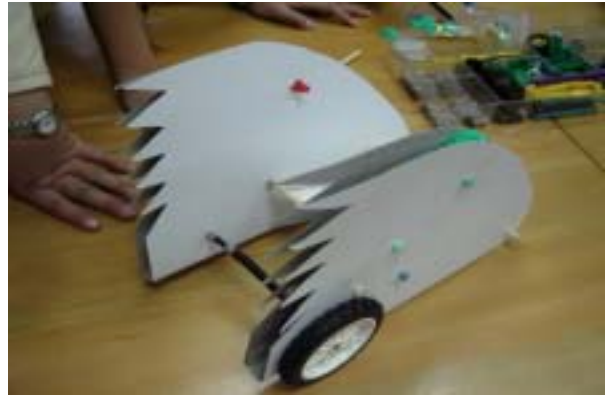
第一代 陶土齒輪擦地機		
研究設備及器材	設計理念	
陶土、竹筷子、橡皮筋、剪刀、膠帶、齒輪、美工刀	希望從身邊容易可得可利用之物品，創作我們心中的擦地機雛型。	 <p>(圖 9) 利用生活中任何可用資源</p>
第二代 保麗龍齒輪擦地機		
研究設備及器材	改造歷程	
保麗龍、竹筷子、橡皮筋、剪刀、膠帶、齒輪、美工刀、保麗龍膠	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b>需克服的問題</b>：陶陶土易碎裂不易保存，土雖可任意塑形成我們想要的擦地機模型，但是卻易碎裂不易保存。</li> <li>* <b>解決之道</b>：藝術與人文領域有保麗龍材料，所以我們考慮以此來製作。</li> <li>* <b>結果</b>：可改善陶土乾裂之問題。</li> </ul>	 <p>(圖 10) 以保麗龍等材料製作擦地機</p>



第三代 資源再利用擦地機		
研究設備及器材	改造歷程	
鐵絲、竹筷子、橡皮筋、剪刀、膠帶、齒輪、美工刀、保麗龍膠	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b>需克服的問題：</b>保麗龍容易毀損，保麗龍雖可任意塑形成我們想要的擦地機模型，但是卻容易毀損。</li> <li>* <b>解決之道：</b>資源再利用，以家中廢棄玩具的車輪，及鐵絲為材料，進行改進。</li> <li>* <b>結果：</b>結構較堅固，鐵絲也較竹筷子容易完成硬體架構。</li> </ul>	 <p>(圖 11) 利用廢棄玩具輪子創作</p>
 <p>(圖 12) 後車體</p>	 <p>(圖 13) 前車體</p>	
第四代 塑膠齒輪紙板擦地機		
研究設備及器材	改造歷程	
鐵絲、竹筷子、橡皮筋、剪刀、膠帶、齒輪、美工刀、保麗龍膠、硬紙版、塑膠環、衛生紙捲	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b>需克服的問題：</b>很難將齒輪組架構起來，鐵絲雖可任意塑形成我們想要的擦地機模型，但卻不易將齒輪組架構組合起來。</li> <li>* <b>解決之道：</b>以左右各兩片硬紙板，圍固定住齒輪組。</li> <li>* <b>結果：</b>紙板可固定住齒輪組，且易打洞，組合。</li> </ul>	 <p>(圖 14) 硬紙板積木擦地機</p>



(圖 15) 硬紙板積木擦地機中的齒輪組



(圖 16) 硬紙板積木擦地機的側面圖

### 第五代 壓克力板電動擦地機

#### 研究設備及器材

鐵絲、剪刀、膠帶、齒輪、美工刀、保麗龍膠、塑膠環、衛生紙捲、電鑽、空心鐵棒

#### 改進歷程

##### \* 需克服的問題：

(1) **硬紙板所能承載重量有限**，硬紙板電動擦地機模型已可適當的將輪軸、齒輪結成一體，且亦可以手動方式帶動紙捲，進行擦地測試，但是經過評估紙板所能承載重量有限，恐怕負荷不了電池和馬達的重量，且竹筷支架容易受損。

(2) **電池和馬達馬力不足**，壓克力板擦地機重量重，經洽詢五金材料行專業人員，得知市面上所販賣之馬達難以承受的了，而工業用馬達又太重，不適合應用。

\* **解決之道：**腦力激盪後決定以透明的壓克力板、空心鐵棒，進行改良。

**解決之道：**以二手電動遙控汽車進行改造，並結合壓克力擦地機構，克服電池和馬達馬力不足問題。



(圖 17) 以壓克力板進行擦地機改造



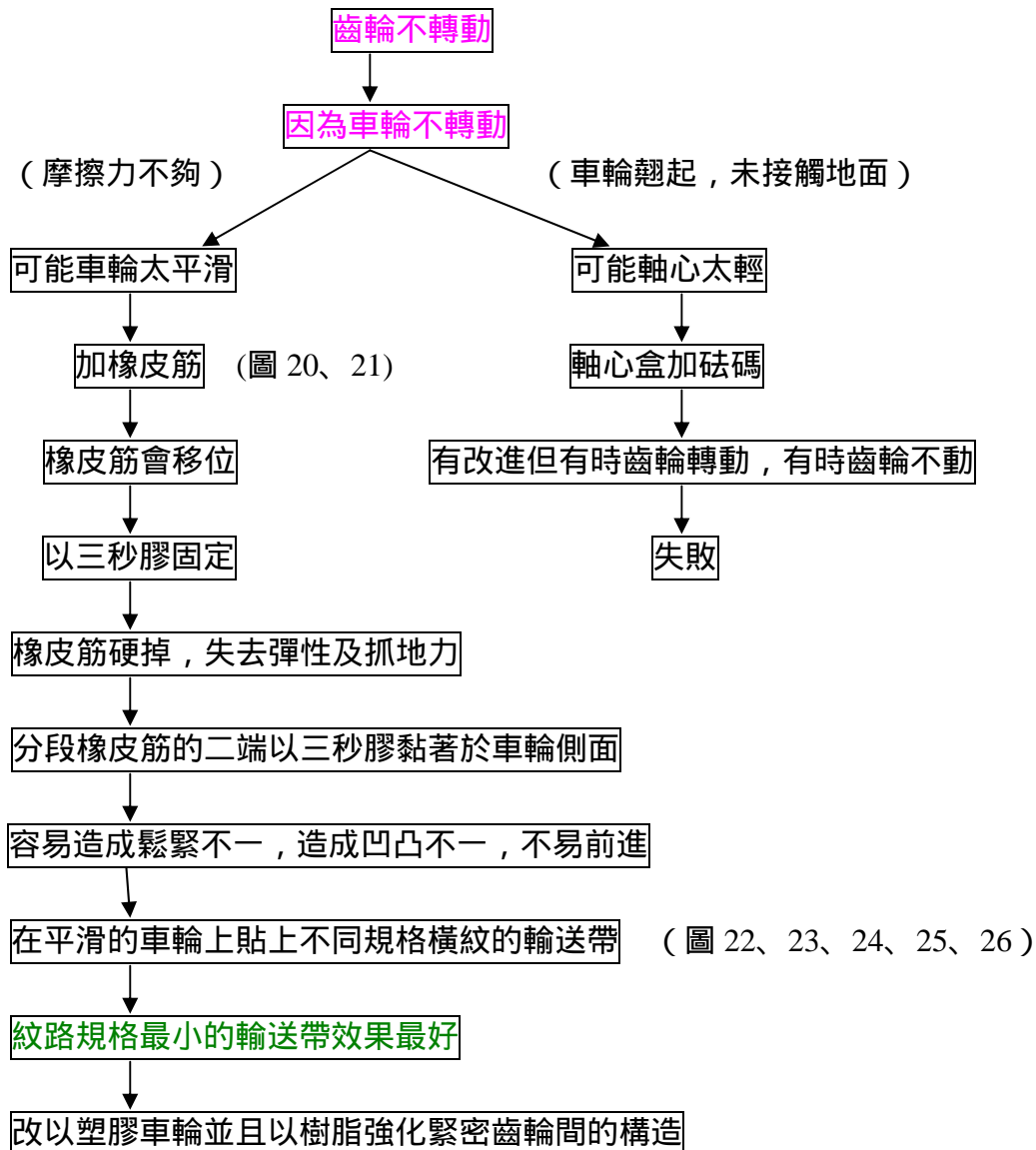
(圖 18) 以二手電動車進行擦地機改造

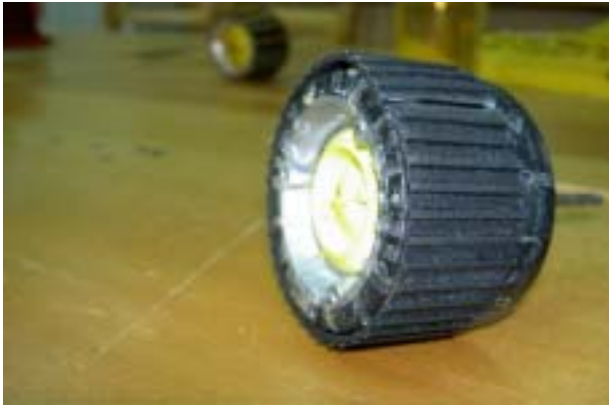
\* 結果：壓克力板，空心鐵棒的結構非常堅固，且整體機構較不受外力影響而毀壞。



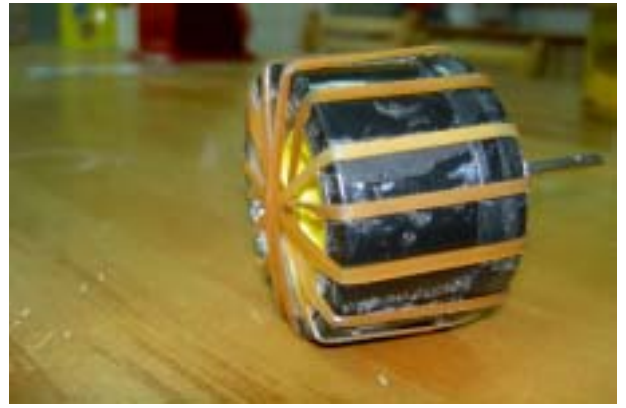
(圖 19) 第五代電動擦地機

四、驅動車輪的研究流程表 (表五)





原車輪 (圖 20)



車輪加橡皮筋 (圖 21)



不同規格橫紋的輸送帶 (圖 22)



不同規格橫紋的輸送帶 (圖 23)



不同規格橫紋的輸送帶 (圖 24)



不同規格橫紋的輸送帶 (圖 25)



不同規格橫紋的輸送帶 (圖 26)

## 五、擦地機清潔效果的研究

(一) 研究目的：分別以材質不同的布捲來擦不同的地，看那一種布捲效果最好

(二) 研究方法：將 50g 的沙子平舖在長 4m 寬 10cm 的長方形區域內，擦地機分別捲上 5 種不同材質的布捲(圖 27)，再將最後剩於長方形區域內的沙子秤重

1. 操作變因: 不同材質的布捲 (毛巾、綿布、不織布、刷毛棉布、防塵布)

2. 控制變因: 實驗前燒杯的重量 (35g)、沙子的重量 (30g)、擦地機行走的面積 4000 平方公分 (長 400 公分 × 寬 10 公分)

3. 應變變因: 擦地機擦起沙子的重量

(三) 研究結果 1：擦地機裝上不同材質布捲的清潔效果表 (表六)

實驗次數 溼布捲擦起的沙量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	實驗情形
毛巾(g)	20	18	22	21	23	19	20	18	19	20	擦地機運行的很通暢,擦起的沙子量較多,會歪掉要用濕的才能擦起。(圖 28)
棉布(g)	17	20	18	16	17	15	18	17	19	16	一開始很乾淨後來就越擦越少一開始很濕後來就很乾。(圖 29)
不織布(g)	10	7	9	8	5	6	8	6	7	9	擦的很少效果不好(圖 30)
刷毛棉布(g)	3	4	4	3	3	3	4	3	2	3	擦的沙量很少(圖 31)
防塵布(g)	3	2	4	3	2	5	2	3	2	2	擦的沙量很少

(四) 研究結果 2：擦地機裝上不同材質布捲的平均清潔效果表 (表七)

布捲材質	毛巾	棉布	不織布	刷毛棉布	防塵布
擦起的沙子 平均重量	20g	17.3g	7.5g	3.2	2.8
擦地效果	最佳	次佳			最差

1. 大部份的沙子都被推到前方

2. 我們發現擦地機上布料材質所擦起的沙量效果如下:

毛巾 > 棉布 > 不織布 > 刷毛棉布 > 防塵布

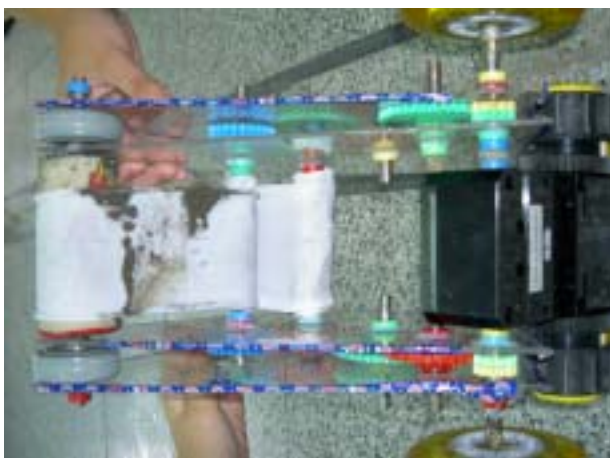
毛巾擦地機擦地最佳，棉布擦地機擦地次佳，防塵布擦地機擦地最差



不同材質的布捲 (圖 27)



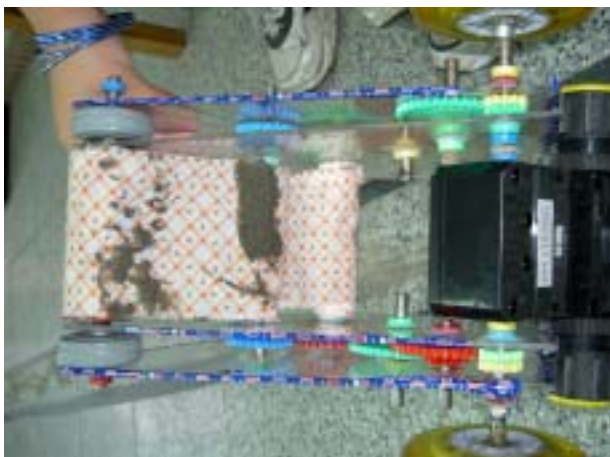
毛巾 (圖 28)



棉布 (圖 29)



不織布 (圖 30)



刷毛棉布 (圖 31)

## 陸、研究結果

- 一、應用輪軸、齒輪設計用具，可達省力效果。
- 二、從實驗 1 中，我們可以清楚的得到，相鄰兩齒輪，轉動方向相反，相間隔的兩齒輪，轉動方向相同，齒輪組運轉方向，和第一個受力的齒輪方向有關，且一順時針一逆時針或一逆時針一順時針，依序變化。

- 三、從實驗 2 中，我們可以清楚的得到，齒輪的齒數，會影響齒輪轉動的圈數，且成一數學關係， $A \text{ 齒輪齒數} \times A \text{ 齒輪轉動圈數} = B \text{ 齒輪齒數} \times B \text{ 齒輪轉動圈數}$
- 四、電動擦地機的創作器材與改進歷程，陶土擦地機 保麗龍擦地機 資源再利用擦地機 硬紙板擦地機 壓克力板電動擦地機，以壓克力板所設計的擦地機較為堅固，且呈現透明化，易於實驗觀察。

## 柒、討論

研發電動擦地機的過程中我們面臨：

- 一、器材與改進：第一代擦地機至第五代電動擦地機  
 陶土擦地機 → 保麗龍擦地機 → 資源再利用擦地機 → 塑膠齒輪擦地機  
 → 硬紙板擦地機 → 壓克力板電動擦地機
- 二、解決結構問題：(例如：第五代壓克力板電動擦地機之齒輪不轉動)

## 捌、結論

在這次的研究裡，我們體驗到生活中的點點滴滴就是科學，如何將課程中所學的知識應用於實際生活中，對我們而言是一大挑戰，雖然研究的過程是辛苦的，可是一旦問題解決了，卻又令人喜悅不已。

我們在這次的實驗當中學到了：

- 一、**槓桿原理**：為了解決問題，常需要拆拆裝裝，黏上三秒膠的塑膠環或齒輪以槓桿原理能快速且省力地拆下。
- 二、**齒輪的厚度增加，可以增加咬合強度及避免接觸不良**：這是我們看到鐵工廠粗齒輪的啟示，並且應用在擦地機裡。
- 三、**不同的接著劑（樹脂、AB 膠、保麗龍膠、三秒膠、焊鎗.....）適用於不同材質的黏合**：AB 膠雖牢固，但費時難處理；塑膠類以三秒膠較方便，但仍需等待一點時間，保麗龍膠的效果就不好；金屬類需用焊鎗來黏合，那個軟軟的東西是錫；而整體大範圍的固定則用樹脂較好。
- 四、**材料很重要**：選擇適當的材料，決定作品的成敗，所以需要不斷嘗試，或是向人請教。做了這個實驗之後，我們才知道有些東西該到哪种店去買（如壓克力板、橡皮輸送帶.....）
- 五、**解決問題的能力**：老師帶領著我們就所面臨的問題去分析，並且思考解決問題的步驟，加以實際操作改進。很多想像的結構或辦法，都需要經由實驗來驗證結果，而不能單靠想像或猜測。尤其是課本所學到的許多科學知識，都要經由實際操作，才能學以致用。

在這次的科展研究中，都靠大家集思廣益和團結合作，才能完成這個任務。雖然曾經碰到問題，但由於大家腦力激盪，終於解決問題了，像擦地機可以正常運轉時，大家高興到抱在一起；擦地機做完之後，家裡人搶著要擦地，媽媽還說這個真好用，不會腰酸背痛，也讓我們覺得辛苦終於有代價了。由於時間的關係，有一些設計的實驗還沒做（如地板材質、不同布料對地板材質的清潔效果.....等），也沒有達到我們的目標 - “自動擦地機”，因此我們希望能再做更進一步的研究，讓天下的媽媽都能更輕鬆、更快樂。

## 玖、參考資料及其他

### 一、網站：

#### (一) 小小天地.

<http://www.mama123.com>

#### (二) 教育部 CAI

[http://www.ksvs.ttct.edu.tw/old/info/info\\_content/教學區](http://www.ksvs.ttct.edu.tw/old/info/info_content/教學區)

### 二、圖書單行本：

(一) 方良柱主編，趣味知識全書（民 86），讀者文摘遠東有限公司，第 156-167 頁。

(二) 大不列顛科技小百科 - 機器人為什麼會動（民 88），光復書局，第 27-42 頁。

(三) David Macaulay 著，新世紀機器大百科（民 88），貓頭鷹出版社有限公司，第 35-98 頁。

(四) 小牛頓科學百科（4）（民 87），牛頓出版股份有限公司，第 128-174 頁。

(五) 王國銓譯，不可思議的科學實驗室（民 89），世潮出版有限公司，第 66-81 頁。

(六) 國民小學自然與生活科技指引（第 6 冊），南一書局，第 204-241 頁。



## 評語

080804 國小組生活與應用科學科 第三名

親愛的，擦地看我！-電動擦地機

本作品設計一有捲軸的擦地機，題目極具創意，且共嘗試錯誤，改良五代才成功，充分展現了解決問題的能力與不屈不撓的精神，值得嘉許，故推薦為第三名。