



# 嘉義縣國民中小學 科學展覽會作品說明書



屆 別：65

科 別：物理

組 別：國小組

作品名稱：迴力無限-迴力車的研究

關 鍵 詞：彈性位能 轉動慣量

編 號：A114



## 摘要

迴力車是一種簡單但好玩的小玩具，往後拉之後，藉由彈力，可以往前行駛，我們發現，不同情況的迴力車，造成的初速度和行車距離會有所不同，例如車輪上的橡皮筋數量、前後車輪的大小、不同粗細輪軸、前輪驅動或是後輪驅動，還有車子的前後配重都會影響行車的速度及距離，本研究將針對以上不同的變項一探究竟。

與課本相關單元：

【六年級】：力與運動

【六年級】：簡單機械

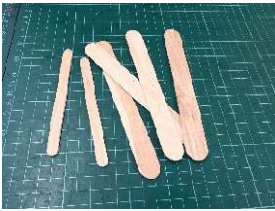
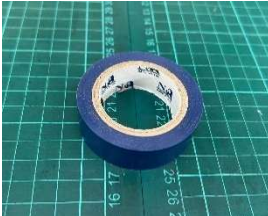
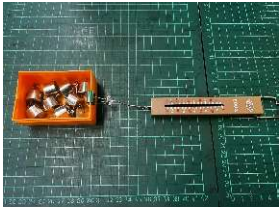
## 壹、研究動機

科學社團中，老師教我們製作迴力車，只要幾根冰棒棍、竹籤和瓶蓋，重點還有橡皮筋，就可以變身為一台可以跑動的迴力車。但是我們發現，車子隨著我們帶來瓶蓋的大小不同，可以跑出不一樣的距離，速度跑起來也不太一樣，引發我們想進一步研究的興趣，還有什麼不一樣的變項也可造成迴力車不同的行車結果呢？

## 貳、研究目的

- 一、車輪有無橡皮筋對迴力車行車狀況的影響。
- 二、車輪上不同橡皮筋數量，對迴力車行車狀況的影響。
- 三、不同大小前後輪，對迴力車行車狀況的影響。
- 四、不同大小驅動輪軸且相同後拉距離，對迴力車行車狀況的影響。
- 五、不同大小驅動輪軸且相同後拉圈數，對迴力車行車狀況的影響。
- 六、車身不同的配重位置，對迴力車行車狀況的影響。
- 七、驅動輪在前輪與驅動輪在後輪，對迴力車行車狀況的影響。
- 八、不同測試地面材質，對迴力車行車狀況的影響。

## 參、研究設備及器材

| 迴力車本體 |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 名稱    | 冰棒棍                                                                                 | 橡皮筋                                                                                 | 瓶蓋                                                                                   | 竹籤                                                                                    |
| 圖片    |    |    |    |    |
|       | 迴力車本體                                                                               |                                                                                     |                                                                                      | 製作工具                                                                                  |
| 名稱    | 漱口杯 砝碼                                                                              | 吸管                                                                                  | 絕緣膠帶                                                                                 | 熱熔膠槍                                                                                  |
| 圖片    |   |   |   |   |
|       | 製作工具                                                                                |                                                                                     | 測量工具                                                                                 |                                                                                       |
| 名稱    | 剪刀、美工刀                                                                              | 切割墊                                                                                 | 尺、捲尺                                                                                 | 腳架、相機                                                                                 |
| 圖片    |  |  |  |  |
|       | 測量工具                                                                                |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| 名稱    | 電子秤                                                                                 | 測跑道摩擦力組                                                                             |                                                                                      |                                                                                       |
| 圖片    |  |  |                                                                                      |                                                                                       |



## 肆、研究過程

### 一、文獻資料

#### （一）迴力車：

迴力車可以往前行走的原因，是利用後拉時利用橡皮筋被拉長，彈性位能被儲存在橡皮筋裡，當一鬆開手，橡皮筋就會恢復原狀，同時將能量釋放出來，轉換為車子前進所需要的動能，鬆開過程中，橡皮筋會帶動輪軸轉動，輪軸帶動車輪(瓶蓋)旋轉，旋轉的車輪在地面後施力，地面回饋相同的反作用力，利用該力使迴力車往前移動，如【圖一】。



#### （二）轉動慣量：

物體對於改變其轉動運動狀態的反抗，就是所謂的「轉動慣量」，或稱為「慣性矩」。轉動中的物體，有繼續保持轉動的傾向，就像沒有在轉動的物體，傾向於繼續不轉動一樣。

而在旋轉運動中，轉動慣量的大小取決於物體的質量分佈與旋轉軸的距離。質量越大或分佈離旋轉軸越遠轉動的慣量越大，表示更難改變旋轉狀態

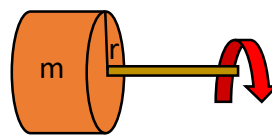
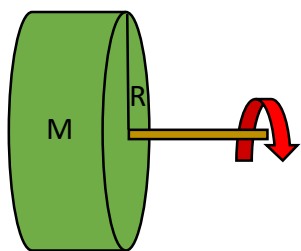
而且轉動慣量 (I) 與車輪半徑 (r) 的平方成正比，所以半徑越大，轉動慣量愈大。

轉動慣量也與車輪重量 (m) 成正比，車輪愈重，轉動慣量愈大，公式寫為：

$$I \propto mr^2$$

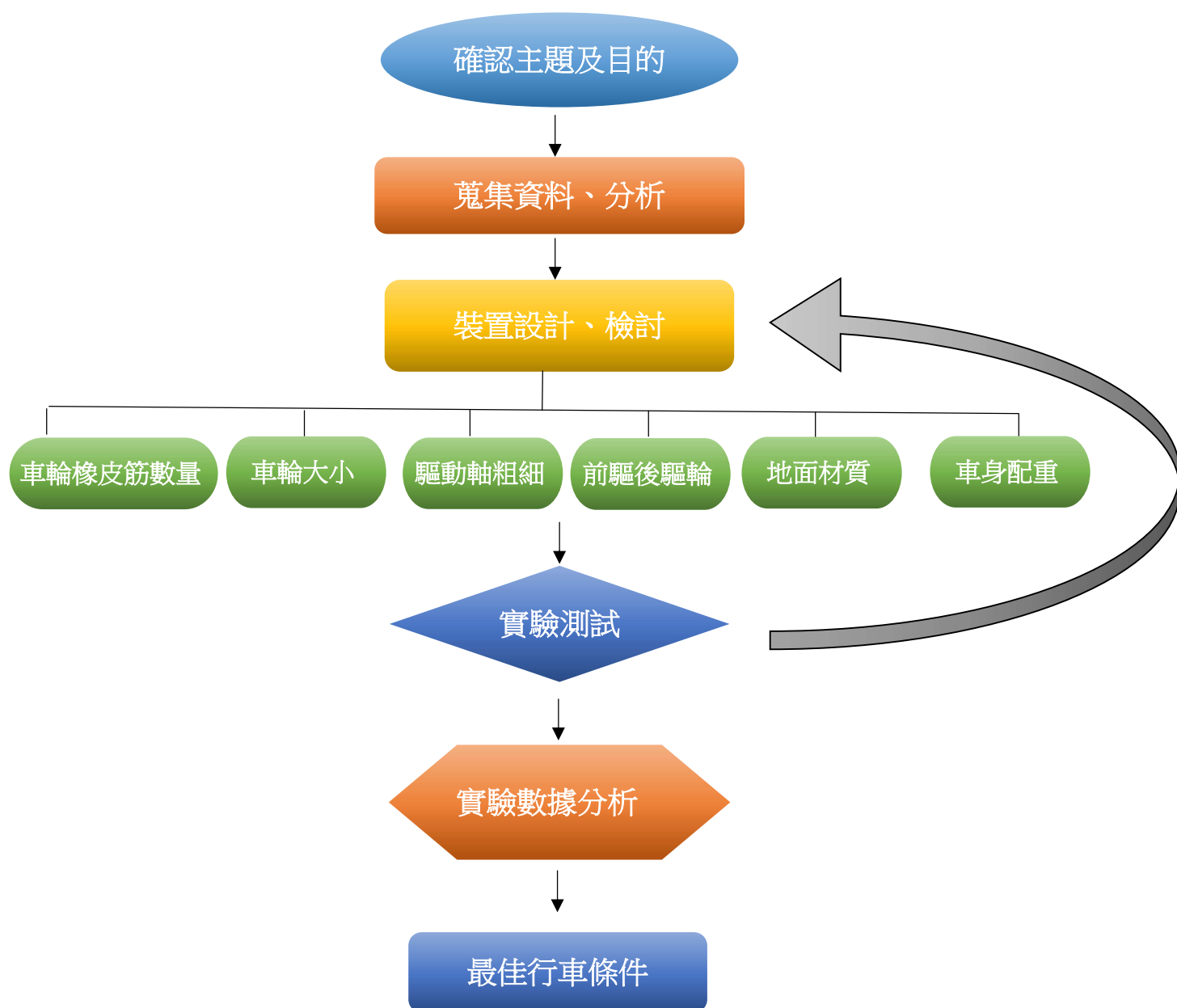
而對本次實驗車輪的影響，如【圖二】

- 1、較大的車輪：重量越重，半徑愈大，轉動慣量愈大，啟動和停止比較困難，但轉動後會更穩定。
- 2、較小的車輪：重量越輕，半徑愈小，轉動慣量較小，啟動和停止比較容易，穩定性較差



【圖二】轉動慣量  $I$  與輪子質量和半徑平方成正比， $I \propto mr^2$ ， $I_{\text{大輪子}} > I_{\text{小輪子}}$

## 二、研究流程



## 伍、研究過程及方法

### 製作及使用迴力車

- 1、利用冰棒棍製作車子的底盤。
- 2、利用吸管及竹籤製作車輪中心的輪軸。
- 3、前輪使用氣球底座，後輪用保特瓶蓋如【圖三】
- 4、後輪軸製作可以勾住橡皮筋的裝置，加上二條互綁的橡皮筋作為車子的驅動系統，如【圖四】。
- 5、使用時將固定於前底盤的橡皮筋掛於後輪軸的勾子
- 6、將車子往後拉，使橡皮筋纏繞於後輪軸上。
- 7、放開車子，利用橡皮筋彈回原狀同時帶動後輪軸轉動，使車子向前推進。



【圖三】迴力車基本外觀



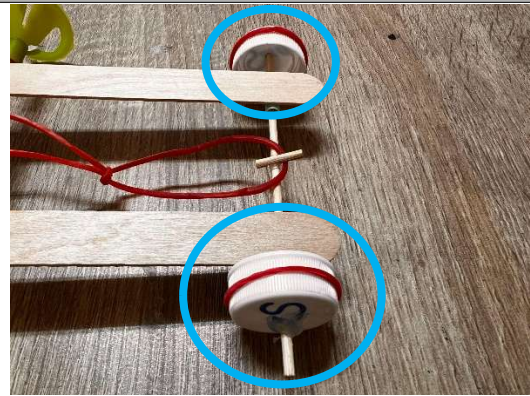
【圖四】加上互綁的橡皮筋做為動力系統

### 【實驗一】車輪有無橡皮筋對迴力車行車狀況的影響。

- 1、操縱變因：車輪沒有綁小橡皮筋，如【圖五】、車輪綁一條小橡皮筋，【圖六】。
- 2、控制變因：
  - (1) 前輪：氣球底座，後輪：保特瓶小瓶蓋
  - (2) 車子後拉距離：40 公分
  - (3) 測試跑道：教室實驗桌
- 3、我們分別測車子行車的距離及車子在 10cm 到 40cm 處的秒數差，再以距離 30cm 除以秒數，來定義為本實驗的行車初速度。



【圖五】沒有綁小橡皮筋的車輪



【圖六】有綁一條小橡皮筋的車輪

## 【實驗結果】

### （一）車輪沒有小橡皮筋

| 次            | 距離<br>(cm) | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>行車初速 |
|--------------|------------|-----------------|-----------------|
| 一            | 35         | 0.67            | 44.9            |
| 二            | 36.5       | 0.61            | 49.2            |
| 三            | 31         | 0.89            | 33.7            |
| 平均           | 34.1       |                 | 42.6            |
| 【表一】車輪沒有小橡皮筋 |            |                 |                 |

## 【發現與討論】

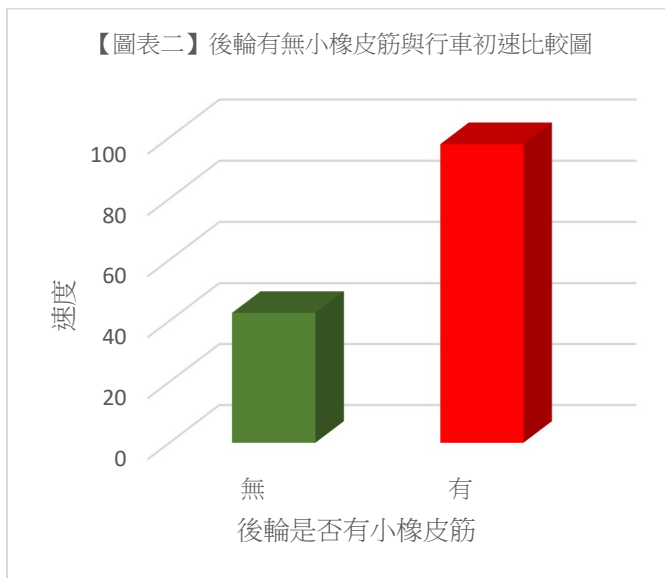
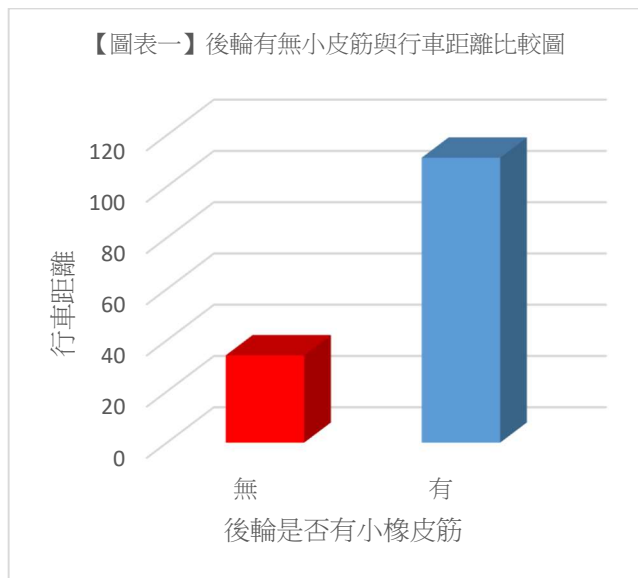
- 1、實驗三次後，發現速度上落差滿大的。
- 2、我們發現迴力車行車距離很近，有一點跑不動的感覺。
- 3、我們發現迴力車在出發時輪子會打滑，導致車輪空轉。
- 4、要等到輪子轉速變慢後，才會慢慢前進
- 5、經討論後覺得是輪子與桌面的摩擦力不夠，導致輪胎打滑空轉
- 6、我們觀察輪胎上瓶蓋的條紋，和桌面的摩擦力是很小的。
- 7、因此要使用增加摩擦力的東西，例如橡皮筋，我們決定用使用早餐店綁小包醬油用的橡皮筋，套在後車輪上，我們叫它作小橡皮筋。

### （二）後車輪各綁 1 條小橡皮筋



| 次              | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>行車初速 |
|----------------|------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|
| 一              | 97         | 0.87        | 1.19        | 0.32            | 93.8            |
| 二              | 123        | 0.62        | 0.89        | 0.27            | 111.1           |
| 三              | 115        | 0.89        | 1.19        | 0.30            | 100             |
| 四              | 83         | 0.67        | 1.06        | 0.39            | 76.9            |
| 五              | 138        | 0.82        | 1.10        | 0.28            | 107.1           |
| 平均             | 111.2      |             |             |                 | 97.8            |
| 【表二】後車輪綁一條小橡皮筋 |            |             |             |                 |                 |

將上面實驗結果製成長條圖，結果如【圖表一】、【圖表二】：

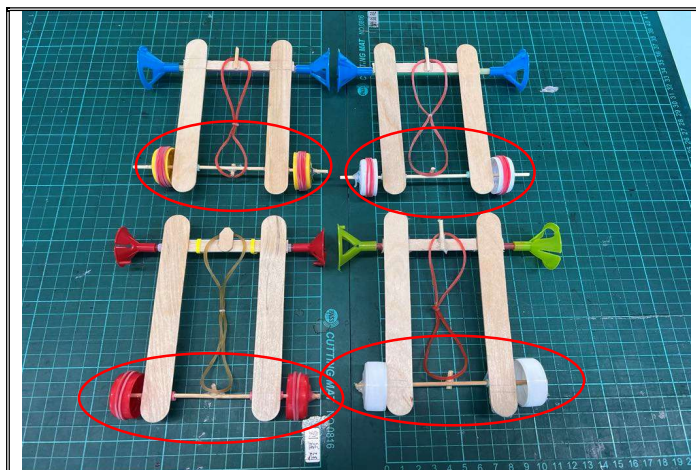


### 【發現與討論】

- 1、速度比沒有綁小橡皮筋的車子提升 1 倍以上
- 2、行車的距離是沒有綁小橡皮筋車子的 3 倍。
- 3、發現比較沒有打滑的現象。
- 4、但是五次測試起來，距離的差距還是滿大的(97cm-138cm)。
- 5、後輪有綁小橡皮筋後，摩擦力變大導致抓地力大，較不易打滑，能確實把動力傳到地面，增加行車距離。
- 6、但距離落差過大，有可能是輪胎僅綁一條小橡皮筋，抓地力還不太夠的原因。
- 7、因此接下來我們想測試，在輪胎綁幾條小橡皮筋之下，可達到最好行車效果

## 【實驗二】車輪上不同橡皮筋數量，對迴力車行車狀況的影響。

- 1、我們決定用後輪綁不同數量橡皮筋，來測試他們的行車情況。
- 2、操縱變因：後輪綁上 1、2、3、4 條小橡皮筋，如【圖七】
- 3、控制變因：(1) 前輪為氣球底座，後輪是保特瓶小瓶蓋  
(2) 驅動輪軸：竹籤  
(3) 後拉距離：40 公分  
(4) 測試跑道：教室實驗桌



【圖七】後輪不同小橡皮筋圈數的迴力車

## 【實驗結果】

### 1 條橡皮筋

| 次  | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|----|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一  | 97         | 0.87        | 1.19        | 0.32            | 93.8               |
| 二  | 123        | 0.62        | 0.89        | 0.27            | 111.1              |
| 三  | 115        | 0.89        | 1.19        | 0.30            | 100                |
| 四  | 83         | 0.67        | 1.06        | 0.39            | 76.9               |
| 五  | 138        | 0.82        | 1.10        | 0.28            | 107.1              |
| 平均 | 111.2      |             |             |                 | 97.8               |

【表三】後輪一條橡皮筋行車狀況

### 2 條橡皮筋

| 次 | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|---|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一 | 144        | 0.79        | 1.06        | 0.27            | 111.1              |
| 二 | 166        | 1.09        | 1.34        | 0.25            | 120                |
| 三 | 166        | 0.80        | 1.06        | 0.26            | 115.4              |

|                  |     |      |      |      |       |
|------------------|-----|------|------|------|-------|
| 四                | 141 | 0.89 | 1.16 | 0.27 | 111.1 |
| 五                | 166 | 0.68 | 0.93 | 0.25 | 120   |
| 平均               | 161 |      |      |      | 115.5 |
| 【表四】後輪二條橡皮筋的行車狀況 |     |      |      |      |       |

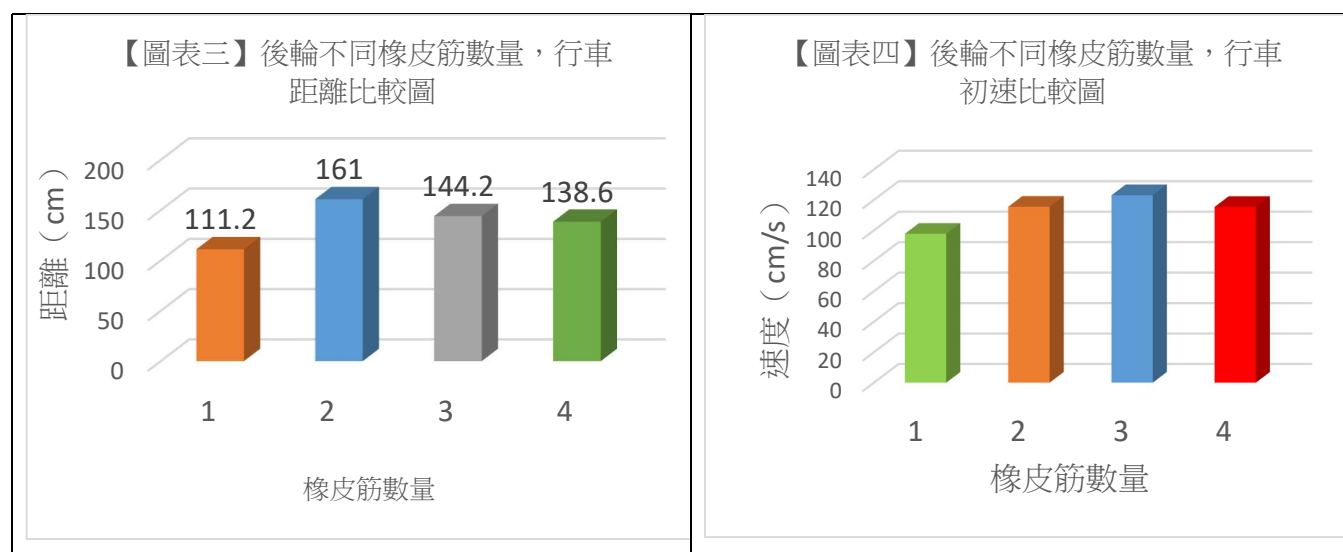
### 3 條橡皮筋

| 次                | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|------------------|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一                | 137        | 1.51        | 1.76        | 0.25            | 120                |
| 二                | 157        | 1.71        | 1.94        | 0.23            | 130.4              |
| 三                | 143        | 1.01        | 1.25        | 0.24            | 125                |
| 四                | 143        | 0.87        | 1.12        | 0.25            | 120                |
| 五                | 141        | 0.51        | 0.84        | 0.25            | 120                |
| 平均               | 144.2      |             |             |                 | 123.1              |
| 【表五】後輪三條橡皮筋的行車狀況 |            |             |             |                 |                    |

### 4 條橡皮筋

| 次                | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|------------------|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一                | 131        | 0.68        | 0.95        | 0.27            | 111.1              |
| 二                | 139        | 0.83        | 1.09        | 0.26            | 115.3              |
| 三                | 146        | 0.53        | 0.79        | 0.26            | 115.3              |
| 四                | 146        | 0.77        | 1.02        | 0.25            | 120                |
| 五                | 145        | 0.7         | 0.96        | 0.26            | 115.3              |
| 平均               | 138.6      |             |             |                 | 115.4              |
| 【表六】後輪四條橡皮筋的行車狀況 |            |             |             |                 |                    |

將上面實驗結果製成長條圖，結果如【圖表三】、【圖表四】：



#### 【發現與討論】

- 1、行車距離以 2 條橡皮筋為最遠。
- 2、速度方面，以 3 條橡皮筋的初速度（10-40cm）時為最快
- 3、4 條橡皮筋的迴力車，在距離及初速度都開始下降。
- 4、愈多條橡皮筋反而跑不遠，應該是橡皮筋太多，增加重量導致車子跑得愈近
- 5、3 條橡皮筋的初速快，是抓地力比 2 條的時候更好，提供初期的動力更確實傳至地面，但是重量畢竟比 2 條重，所以距離就不若 2 條遠。
- 6、4 條橡皮筋應該抓地力會更好，但是其重量因素所產生的轉動慣性大於抓地力因素，所以造成初速度比 3 條還差。

#### 【實驗三】不同大小前後輪，對迴力車行車狀況的影響

- 1、我們用不同大小的瓶蓋（保特瓶蓋及二公升牛奶瓶蓋）來當前後輪，測試其行車效果是否不同【圖八】
- 2、我們發現，當使用不同大小的瓶蓋作為車輪時，會發生每一台車子重量不一樣的情況，因此我們先測出重量最重（四個大輪）車子的重量，再將其它較輕車子重心上貼上絕緣膠帶增加重量，使每台車子的重量一樣，作為控制變因。
- 3、操縱變因：
  - (1)四輪皆小輪（保特瓶蓋）
  - (2)前輪：大輪（牛奶瓶蓋）、後輪：小輪
  - (3)前輪：小輪、後輪：大輪



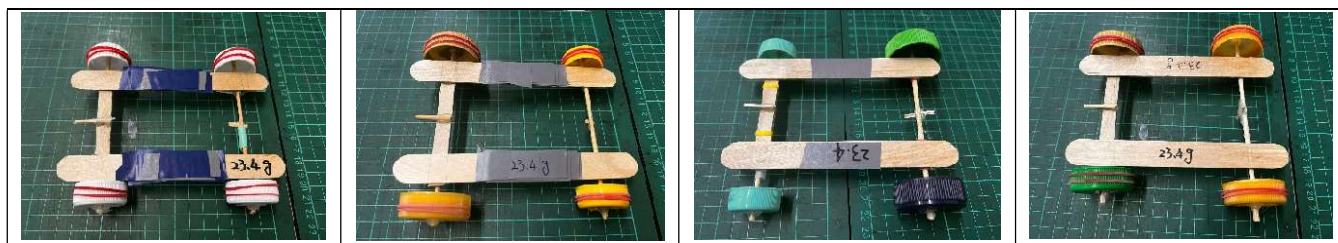
(4)四輪皆大輪

4、控制變因：(1) 車重：23.4g

(2) 驅動輪軸：竹籤

(3) 後拉距離：50 公分

(4) 測試跑道：教室實驗桌



【圖八】左至右：1、四輪皆小輪 2、前輪大後輪小 3、前輪小後輪大 4、四輪皆大輪

【實驗結果】

如【表七】至【表十】所示：

(1)四輪皆小輪（保特瓶蓋）

| 次  | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 (cm/s) |
|----|------------|-------------|-------------|-----------------|----------------------|
| 一  | 212        | 0.79        | 1.06        | 0.27            | 111                  |
| 二  | 223        | 0.71        | 1           | 0.29            | 103                  |
| 三  | 236        | 0.71        | 0.98        | 0.27            | 111                  |
| 四  | 219        | 0.69        | 0.99        | 0.3             | 100                  |
| 五  | 220        | 0.99        | 1.28        | 0.29            | 103                  |
| 平均 | 222        |             |             |                 | 105.6                |

【表七】四輪皆小輪

(2)前輪：大輪（牛奶瓶蓋）、後輪：小輪（保特瓶蓋）

| 次 | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 (cm/s) |
|---|------------|-------------|-------------|-----------------|----------------------|
| 一 | 213        | 0.7         | 0.98        | 0.28            | 107.1                |
| 二 | 204        | 0.69        | 0.97        | 0.28            | 107.1                |

|            |       |      |      |      |       |
|------------|-------|------|------|------|-------|
| 三          | 203   | 0.77 | 1.04 | 0.27 | 111.1 |
| 四          | 197   | 0.74 | 1.03 | 0.29 | 103.4 |
| 五          | 210   | 0.83 | 1.1  | 0.27 | 111.1 |
| 平均         | 205.4 |      |      |      | 108   |
| 【表八】前輪大後輪小 |       |      |      |      |       |

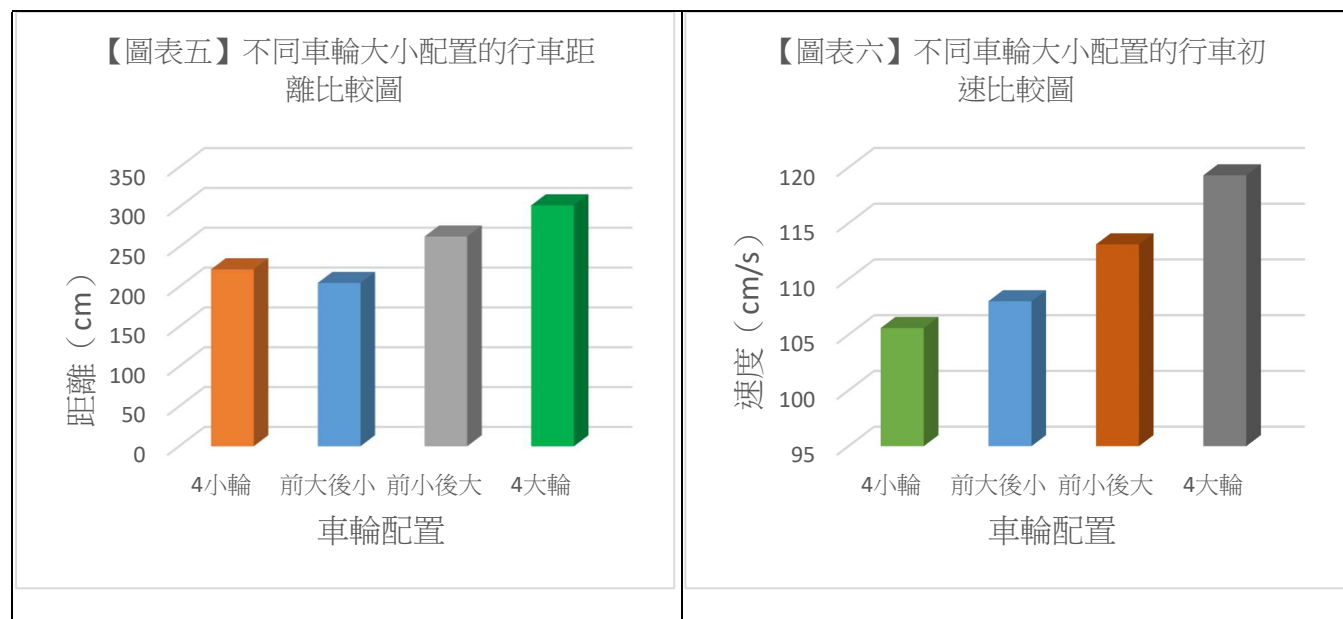
(3)前輪：小輪（保特瓶蓋）、後輪：大輪（牛奶瓶蓋）

| 次          | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 (cm/s) |
|------------|------------|-------------|-------------|-----------------|----------------------|
| 一          | 255        | 0.72        | 0.98        | 0.26            | 115.4                |
| 二          | 268        | 0.61        | 0.85        | 0.24            | 125                  |
| 三          | 270        | 0.56        | 0.84        | 0.28            | 107.1                |
| 四          | 262        | 0.65        | 0.92        | 0.27            | 111.1                |
| 五          | 261        | 0.69        | 0.97        | 0.28            | 107.1                |
| 平均         | 263.2      |             |             |                 | 113.1                |
| 【表九】前輪小後輪大 |            |             |             |                 |                      |

(4)四輪皆大輪（牛奶瓶蓋）

| 次         | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 (cm/s) |
|-----------|------------|-------------|-------------|-----------------|----------------------|
| 一         | 313        | 1.12        | 1.37        | 0.25            | 120                  |
| 二         | 315        | 0.66        | 0.9         | 0.24            | 125                  |
| 三         | 289        | 0.91        | 1.18        | 0.27            | 111.1                |
| 四         | 285        | 0.76        | 1           | 0.24            | 125                  |
| 五         | 310        | 0.77        | 1.03        | 0.26            | 115.4                |
| 平均        | 302.4      |             |             |                 | 119.3                |
| 【表十】四輪皆大輪 |            |             |             |                 |                      |

將上面實驗結果製成長條圖，結果如【圖表五】、【圖表六】：



#### 【發現與討論】

- 1、行車距離以四大輪 > 前小後大 > 四小輪 > 前大後小。
- 2、行車的初速是四大輪 > 前小後大 > 前大後小 > 四小輪
- 3、我們發現，當驅動輪是大輪時，不論是距離或初速，都比驅動輪是小輪來得好。
- 4、經研究探究得知，大輪子每轉一圈的移動距離更長，因為圓周較大的關係。
- 5、還有，大輪子的重量比起小輪子，重量較大，輪半徑也較大，根據參考資料得知在滾動時會得到較大的轉動慣量，所以在轉動之後，大輪子可以比小輪維持較長的滾動時間，所以四大輪的迴力車，會得到較長的行車距離。
- 6、此外，大輪子的滾動阻力較小，遇到不平的路面，更容易越過障礙，減少能量損耗，所以可以維持更長轉動時間，距離就相對較遠。

#### 【實驗四】不同大小驅動輪軸且相同後拉距離，對迴力車行車狀況的影響。

- 1、我們更換不同粗細大小的驅動輪軸，看看會不會在行車狀況上產生變化
- 2、製作好粗細不同輪軸後發現，每台車子的重量不同，為求一致，我們用絕緣膠帶在車上增重，使車呈現一樣重（25.3g）的狀態

- 3、操縱變因：驅動輪軸：①竹筷（細）：0.5cm  
 ②竹筷（粗）：0.7cm  
 ③吸管（細）：0.8cm  
 ④吸管（粗）：1.2cm

- 4、控制變因：（1）車輪配置：前小後大  
 （2）車子後拉距離：50 公分  
 （3）測試跑道：教室實驗桌  
 （4）車重：25.3g

5、但我們做實驗到②竹筷（粗）時，發現因為起步動力太大，所以都無法直線前進，我們發現是輪胎摩擦力不夠的關係，老師說過，物體愈重，摩擦力也愈大，所以我們在車身兩邊各加 10g 砝碼，來增加行車時的摩擦力，如【圖九】。



【圖九】左至右：1、細竹筷 2、粗竹筷 3、細吸管 4、粗吸管

### 【實驗結果】

如【表十一】至【表十四】所示：

| 次  | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 (cm/s) |
|----|------------|-------------|-------------|-----------------|----------------------|
| 一  | 120        | 0.48        | 0.79        | 0.31            | 96.8                 |
| 二  | 144        | 0.48        | 0.78        | 0.3             | 100                  |
| 三  | 133        | 0.35        | 0.65        | 0.3             | 100                  |
| 四  | 142        | 0.92        | 1.23        | 0.31            | 96.8                 |
| 五  | 133        | 0.77        | 1.07        | 0.3             | 100                  |
| 平均 | 134.4      |             |             |                 | 98.7                 |

【表十一】竹筷（細）：0.5cm，加 20g 砝碼

| 次                         | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 (cm/s) |
|---------------------------|------------|-------------|-------------|-----------------|----------------------|
| 一                         | 162        | 0.82        | 1.11        | 0.29            | 103.4                |
| 二                         | 161        | 0.84        | 1.13        | 0.29            | 103.4                |
| 三                         | 150        | 0.4         | 0.71        | 0.31            | 96.8                 |
| 四                         | 151        | 0.5         | 0.79        | 0.29            | 103.4                |
| 五                         | 156        | 0.72        | 1           | 0.28            | 107.1                |
| 平均                        | 156        |             |             |                 | 102.8                |
| 【表十二】竹筷（粗）：0.7cm，加 20g 砝碼 |            |             |             |                 |                      |

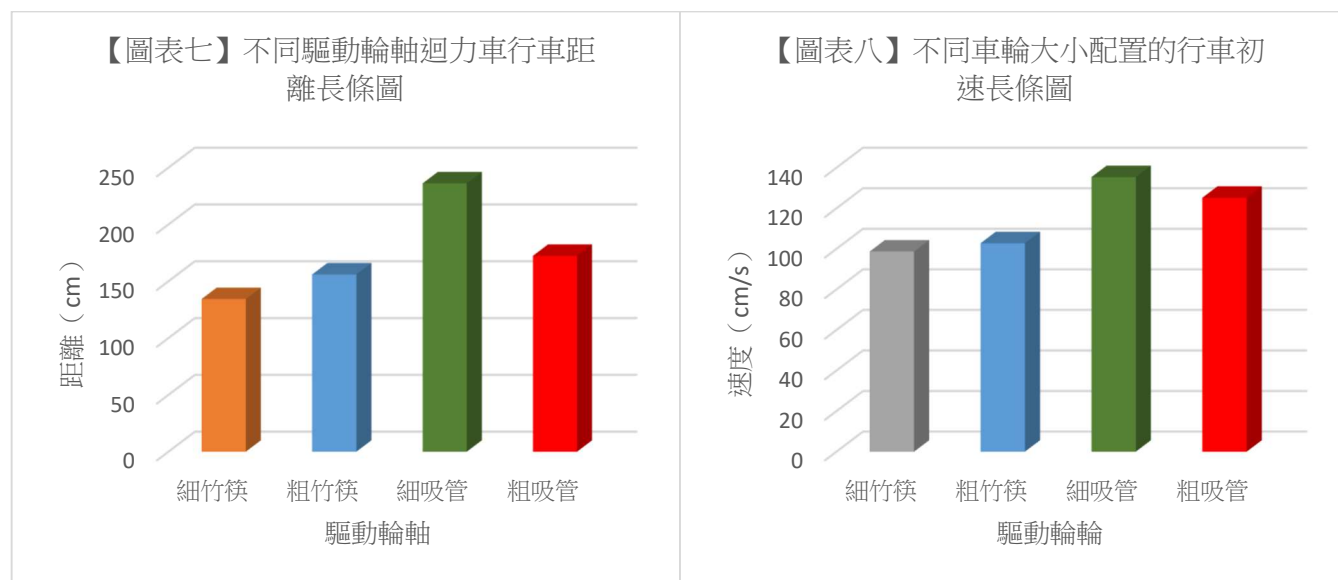
| 次                         | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 (cm/s) |
|---------------------------|------------|-------------|-------------|-----------------|----------------------|
| 一                         | 243        | 0.81        | 1.02        | 0.21            | 142.9                |
| 二                         | 237        | 0.93        | 1.15        | 0.22            | 136.4                |
| 三                         | 246        | 0.72        | 0.94        | 0.22            | 136.4                |
| 四                         | 220        | 0.81        | 1.03        | 0.22            | 136.4                |
| 五                         | 235        | 1.28        | 1.52        | 0.24            | 125                  |
| 平均                        | 236.2      |             |             |                 | 135.4                |
| 【表十三】吸管（細）：0.8cm，加 20g 砝碼 |            |             |             |                 |                      |

| 次  | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 (cm/s) |
|----|------------|-------------|-------------|-----------------|----------------------|
| 一  | 162        | 0.47        | 0.72        | 0.25            | 120                  |
| 二  | 185        | 0.53        | 0.76        | 0.23            | 130.4                |
| 三  | 175        | 0.54        | 0.78        | 0.24            | 125                  |
| 四  | 163        | 0.36        | 0.61        | 0.25            | 120                  |
| 五  | 174        | 0.26        | 0.49        | 0.23            | 130.4                |
| 平均 | 172.4      |             |             |                 | 125.2                |



【表十四】吸管（粗）：1.2cm，加 20g 砝碼

將上述的實驗表格製成長條比較圖如【圖表七】【圖表八】所示：



### 【發現與討論】

- 1、行車距離和初速的表現一致，都是細吸管 > 粗吸管 > 粗竹筷 > 細竹筷
- 2、可以發現，輪軸愈粗，行車距離愈遠，初速愈快。
- 3、但是最粗的粗吸管（1.2cm）距離和初速反而不如第二粗的細吸管(0.8cm)。
- 4、實驗過程我們觀察到，粗吸管（1.2cm）在出發時，因為動力太強，後車輪會打滑，造成行走路線偏移，影響行車距離及速度。
- 5、經我們討論，較細輪軸的車子後拉 50cm，橡皮筋被捲入的長度短，所以伸長量短，動力較弱。
- 6、愈粗的輪軸，後拉 50cm 的橡皮筋拉長量較長，所以提供較大的動力。
- 7、但是粗吸管（1.2cm）的動力太強，所以放開後輪子會打滑，造成偏向跑不遠。
- 8、我們決定測試同樣的橡皮筋伸長量，不同粗細輪軸的行車情況為何。

### 【實驗五】不同大小驅動輪軸且相同橡皮筋伸長量，對迴力車行車狀況的影響

- 1、我們用兩條橡皮筋綁一起當驅動動力，我們決定讓所有車子的驅動軸都捲入一條橡皮筋的伸

長量來做測試。

- 2、操縱變因：使用輪軸：①竹筷（細）：0.5cm  
 ②竹筷（粗）：0.7cm  
 ③吸管（細）：0.8cm  
 ④吸管（粗）：1.2cm

- 3、控制變因：（1）車輪配置：前小後大  
 （2）橡皮筋伸長長度：一條橡皮筋長  
 （3）測試跑道：教室實驗桌  
 （4）車重：25.3g

### 【實驗結果】

如【表十五】至【表十八】所示：

| 次                         | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|---------------------------|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一                         | 152        | 0.8         | 1.08        | 0.28            | 107.1              |
| 二                         | 162        | 0.56        | 0.83        | 0.27            | 111.1              |
| 三                         | 163        | 0.46        | 0.71        | 0.25            | 120                |
| 四                         | 152        | 0.44        | 0.71        | 0.27            | 111.1              |
| 五                         | 151        | 0.57        | 0.83        | 0.26            | 115.4              |
| 平均                        | 156        |             |             |                 | 112.9              |
| 【表十五】竹筷（細）：0.5cm，加 20g 砝碼 |            |             |             |                 |                    |

| 次 | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|---|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一 | 158        | 0.49        | 0.79        | 0.3             | 100                |
| 二 | 151        | 0.74        | 1.03        | 0.29            | 103.4              |
| 三 | 157        | 0.56        | 0.84        | 0.28            | 107.1              |
| 四 | 147        | 0.55        | 0.85        | 0.3             | 100                |

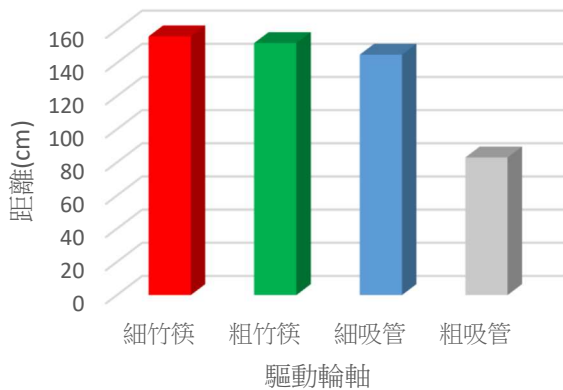
|                           |     |      |      |      |       |
|---------------------------|-----|------|------|------|-------|
| 五                         | 147 | 0.69 | 0.97 | 0.28 | 107.1 |
| 平均                        | 152 |      |      |      | 103.5 |
| 【表十六】竹筷（粗）：0.7cm，加 20g 砝碼 |     |      |      |      |       |

| 次                         | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|---------------------------|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一                         | 140        | 0.74        | 1.04        | 0.3             | 100                |
| 二                         | 148        | 0.53        | 0.81        | 0.28            | 107.1              |
| 三                         | 150        | 0.79        | 1.07        | 0.28            | 107.1              |
| 四                         | 138        | 0.61        | 0.9         | 0.29            | 103.4              |
| 五                         | 149        | 0.72        | 1           | 0.28            | 107.1              |
| 平均                        | 145        |             |             |                 | 104.9              |
| 【表十七】吸管（細）：0.8cm，加 20g 砝碼 |            |             |             |                 |                    |

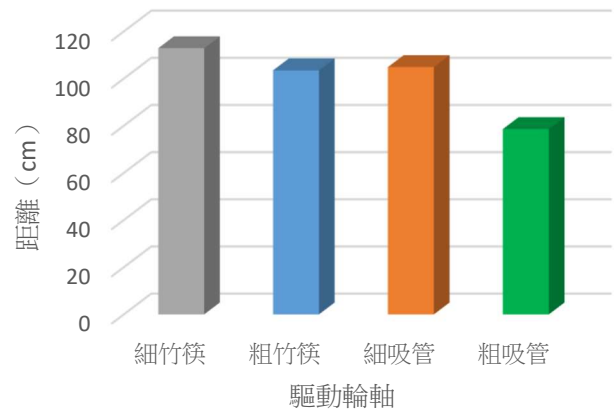
| 次                         | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|---------------------------|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一                         | 81         | 0.51        | 0.88        | 0.37            | 81.1               |
| 二                         | 83         | 0.76        | 1.15        | 0.39            | 76.9               |
| 三                         | 88         | 0.56        | 0.93        | 0.37            | 81.1               |
| 四                         | 83         | 0.48        | 0.87        | 0.39            | 76.9               |
| 五                         | 80         | 0.72        | 1.11        | 0.39            | 76.9               |
| 平均                        | 83         |             |             |                 | 78.6               |
| 【表十八】吸管（粗）：1.2cm，加 20g 砝碼 |            |             |             |                 |                    |

將上述的實驗表格製成長條比較圖如【圖表九】【圖表十】：

【圖表九】不同驅動輪軸（同拉長量）行車距離比較圖



【圖表十】不同驅動輪軸（同拉長量）行車初速比較圖



### 【發現與討論】

- 1、同樣橡皮筋拉長量，行車距離的長短是細竹筷(0.5cm) > 粗竹筷(0.7cm) > 細吸管(0.8cm) > 粗吸管(1.2cm)
- 2、而行車初速的快慢為細竹筷(0.5cm) > 細吸管(0.8cm) > 粗竹筷(0.7cm) > 粗吸管(1.2cm)
- 3、我們發現，輪軸愈粗，行車距離和速度都有下降趨勢。
- 4、實驗中我們發現，愈粗的輪軸被橡皮筋繞的圈數愈少，所以沒跑多遠就失去橡皮筋的動力了
- 5、從迴力車後拉的距離也可以看出，要同樣橡皮筋伸長量，粗吸管的後拉距離很短，而細竹筷的後拉距離可以很長，所以結果是顯而易見的。

### 【實驗六】車身不同的配重位置，對迴力車行車狀況的影響。

- 1、我們打算在車子的前、中、後方加砝碼，讓車子呈現不同的配重情形，來探討車子的行車情況。
- 2、為了讓砝碼方便放在車身上，我們各在車子前、中、後方的兩邊用雙面膠黏上含氟藥水漱口杯，方便砝碼能置於其中，如【圖十】。
- 3、操縱變因：(1) 重心在前輪上  
(2) 重心在車身中間  
(3) 重心在後輪上
- 4、控制變因：(1) 車輪配置：前小後大

- (2) 驅動輪軸：竹籤
- (3) 配重砝碼：兩側各 10g（含漱口杯）
- (4) 後拉距離：50cm
- (5) 測試跑道：教室實驗桌



【圖十】左至右：1、配重在前輪 2、配重置中 3、配重在後輪

### 【實驗結果】

如【表十九】至【表二十一】所示：

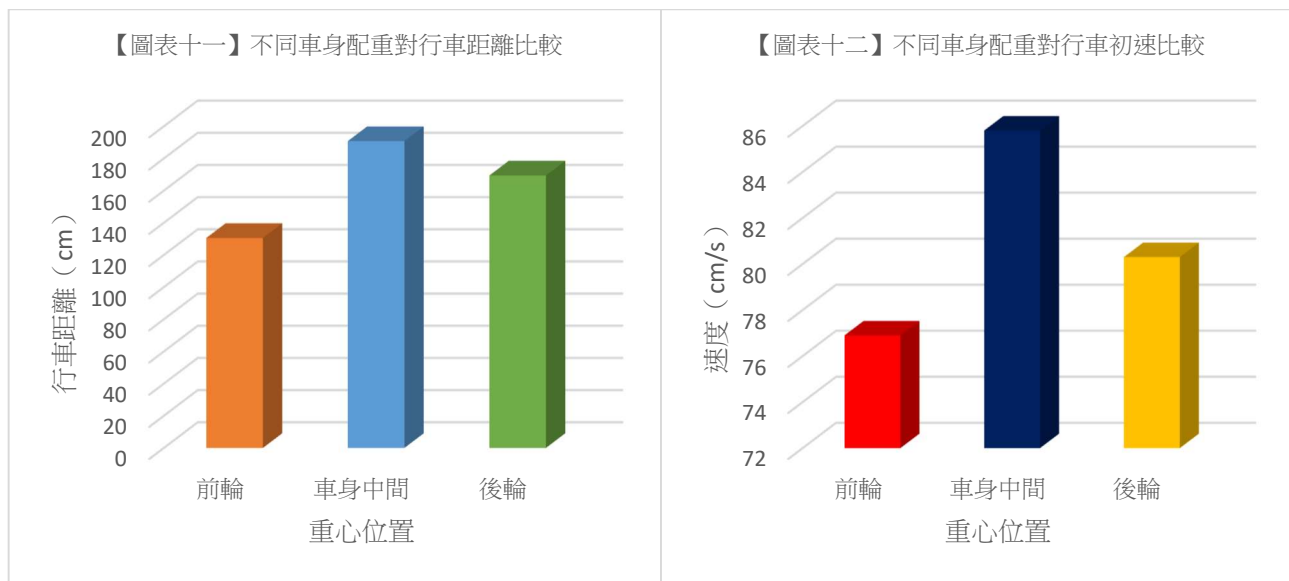
| 次          | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|------------|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一          | 140        | 0.88        | 1.27        | 0.39            | 76.9               |
| 二          | 113        | 0.97        | 1.36        | 0.39            | 76.9               |
| 三          | 117        | 0.77        | 1.16        | 0.39            | 76.9               |
| 四          | 149        | 0.72        | 1.11        | 0.39            | 76.9               |
| 五          | 134        | 0.8         | 1.19        | 0.39            | 76.9               |
| 平均         | 130.6      |             |             |                 | 76.9               |
| 【表十九】配重在前輪 |            |             |             |                 |                    |

| 次 | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|---|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一 | 192        | 0.77        | 1.12        | 0.35            | 85.7               |
| 二 | 193        | 0.79        | 1.14        | 0.35            | 85.7               |

|              |       |      |      |      |      |
|--------------|-------|------|------|------|------|
| 三            | 185   | 1.09 | 1.43 | 0.34 | 88.2 |
| 四            | 193   | 0.77 | 1.11 | 0.34 | 88.2 |
| 五            | 191   | 0.73 | 1.1  | 0.37 | 81.1 |
| 平均           | 190.8 |      |      |      | 85.8 |
| 【表二十】重心在車身中間 |       |      |      |      |      |

| 次            | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|--------------|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一            | 167        | 1.13        | 1.5         | 0.37            | 81.1               |
| 二            | 166        | 0.72        | 1.11        | 0.39            | 76.9               |
| 三            | 171        | 0.8         | 1.17        | 0.37            | 81.1               |
| 四            | 176        | 0.85        | 1.22        | 0.37            | 81.1               |
| 五            | 167        | 0.68        | 1.05        | 0.37            | 81.1               |
| 平均           | 169.4      |             |             |                 | 80.3               |
| 【表二十一】重心在後輪上 |            |             |             |                 |                    |

將上述的實驗表格製成長條比較圖如【圖表十一】、【圖表十二】所示：





### 【發現與討論】

- 1、不同配重車子的行車距離：車身中間 > 配重後輪 > 配重前輪。
- 2、不同配重車子的行車初速：車身中間 > 配重後輪 > 配重前輪。
- 3、配重在前輪車子，加大前輪和地面摩擦力，但是動力來自後輪，會被前輪的較大摩擦力消耗減速，較快停下來。
- 4、而且重心在前輪，滾動阻力增加，車子不好滑行，也會造成距離的縮短。
- 5、重心在後輪時，會增加摩擦力，造成部份能量損失，而且前輪的壓力變小，導致行車時不夠穩定，也會影響行車表現。
- 6、重心在車中央，前後輪壓力平均，產生滾動阻力最小，能量損耗最小，後輪驅動輪也不會因過大壓力導致能量浪費，所以車子跑得遠。

### 【實驗七】驅動輪在前輪與驅動輪在後輪，對迴力車行車狀況的影響。

- 1、轉換個方向，把驅動輪放來前方，看看行車的效果和後驅車有何不一樣地方。
- 2、要能前輪驅動，掛橡皮筋的地方要反方向掛起，整體車子才能往後拉
- 3、我們使用兩大輪兩小輪的車子來做測試，共可得到四種組合，如【圖十一】所示：
- 4、操縱變因：(1) 大輪前驅、小輪前驅、大輪後驅、小輪後驅
- 5、控制變因：(1) 車輪配置：二小二大  
(2) 驅動輪軸：竹籤  
(3) 後拉距離：50cm  
(4) 測試跑道：教室實驗桌



【圖十一】左至右：1、大輪前驅 2、小輪前驅 3、大輪後驅 4、小輪後驅

### 【實驗結果】

製成表格如【表二十二】至【表二十五】所示：

| 次              | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|----------------|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一              | 59         | 0.57        | 1.16        | 0.59            | 50.8               |
| 二              | 52         | 0.63        | 1.33        | 0.7             | 42.9               |
| 三              | 51         | 0.75        | 1.4         | 0.65            | 46.2               |
| 四              | 60         | 0.6         | 1.12        | 0.52            | 57.7               |
| 五              | 49         | 0.95        | 1.6         | 0.65            | 46.2               |
| 平均             | 54.2       |             |             |                 | 48.8               |
| 【表二十二】前輪驅動（小輪） |            |             |             |                 |                    |

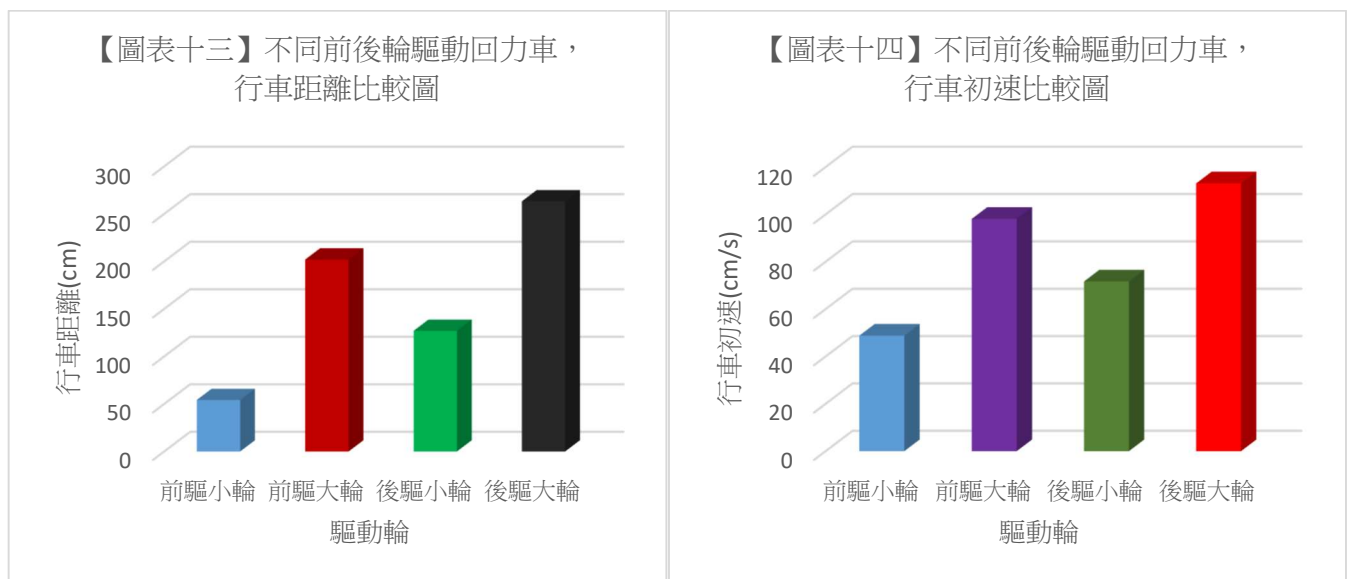
| 次              | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|----------------|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一              | 190        | 0.68        | 0.98        | 0.3             | 100                |
| 二              | 213        | 0.65        | 0.95        | 0.3             | 100                |
| 三              | 207        | 0.93        | 1.25        | 0.32            | 93.5               |
| 四              | 204        | 0.68        | 0.98        | 0.3             | 100                |
| 五              | 191        | 0.63        | 0.94        | 0.31            | 96.8               |
| 平均             | 202        |             |             |                 | 98.1               |
| 【表二十二】前輪驅動（大輪） |            |             |             |                 |                    |

| 次 | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|---|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一 | 133        | 0.67        | 1.05        | 0.38            | 78.9               |
| 二 | 129        | 0.6         | 1.02        | 0.42            | 71.4               |
| 三 | 136        | 0.98        | 1.38        | 0.4             | 75                 |

|                |     |      |      |      |      |
|----------------|-----|------|------|------|------|
| 四              | 113 | 0.7  | 1.14 | 0.44 | 68.2 |
| 五              | 124 | 0.59 | 1.05 | 0.46 | 65.2 |
| 平均             | 127 |      |      |      | 71.7 |
| 【表二十二】後輪驅動（小輪） |     |      |      |      |      |

| 次              | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|----------------|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一              | 255        | 0.72        | 0.98        | 0.26            | 115.4              |
| 二              | 268        | 0.61        | 0.85        | 0.24            | 125                |
| 三              | 270        | 0.56        | 0.84        | 0.28            | 107.1              |
| 四              | 262        | 0.65        | 0.92        | 0.27            | 111.1              |
| 五              | 261        | 0.69        | 0.97        | 0.28            | 107.1              |
| 平均             | 263.2      |             |             |                 | 113.1              |
| 【表二十二】後輪驅動（大輪） |            |             |             |                 |                    |

將上述的實驗表格製成長條比較圖如【圖表十三】、【圖表十四】所示：



### 【發現與討論】

- 1、行車距離是後驅大輪>前驅大輪>後驅小輪>前驅小輪。
- 2、行車初速也是後驅大輪>前驅大輪>後驅小輪>前驅小輪。
- 3、實驗發現，大輪當驅動輪，不論前後驅動，都有較好表現。
- 4、前驅小輪行車時，嚴重打滑，造成距離及初速上都表現不佳。
- 5、後驅小輪行車時，會歪向一邊，無法直線前進，這也是後輪摩擦力不夠，推不動整車，造成橫向移動而歪向一邊
- 6、大輪驅動迴力車，大輪重量提供足夠摩擦力，不論是推動或是拉動另一邊的小輪，都可以得到較好的循跡效果，所以距離及初速上都有較好表現
- 7、根據實驗三的結果顯示，大輪子的驅動輪，因為重量較大，半徑也較大的關係，所以轉動慣量也較好，可以維持較久的滾動時間，所以也可以帶動車子行走較長距離。

### 【實驗八】不同測試地面材質，對迴力車行車狀況的影響。

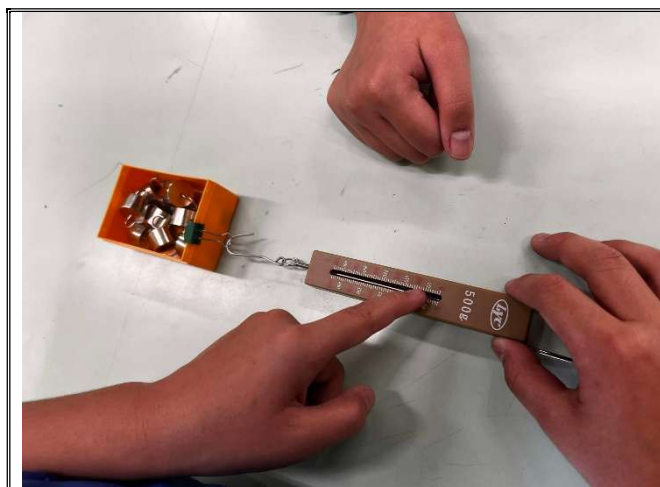
- 1、我們想探討不同材質地面对行車的影響，我們先用彈簧秤和 200g 砝碼組合測試各地面的摩擦力如【圖十二】所示，結果如【表二十三】：

| 材質              | 拉動時彈簧秤指數 |
|-----------------|----------|
| 教室地板            | 70g      |
| 操場跑道            | 120g     |
| 活動中心            | 90       |
| 教室實驗桌           | 40g      |
| 【表二十三】不同材質地面摩擦力 |          |

- 2、操縱變因：跑道材質，有
  - (1) 教室地板
  - (2) 操場跑道
  - (3) 活動中心地板
  - (4) 實驗桌
- 3、控制變因：
  - (1) 車輪配置：前小後大
  - (2) 驅動輪軸：竹籤
  - (3) 後拉距離：50cm

#### (4) 驅動車輪：後輪驅動

實驗過程如【圖十三】至【圖十五】所攝：



【圖十二】使用彈簧秤砝碼測試跑道摩擦力



【圖十三】於教室地板測試迴力車行車狀況



【圖十四】於操場跑道測試迴力車行車情形



【圖十五】於活動中心測試迴力車行車情形

#### 【實驗結果】

實驗結果寫成記錄，如【表二十四】至【表二十七】所示：

| 次 | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|---|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一 | 246        | 0.58        | 0.89        | 0.31            | 96.8               |
| 二 | 239        | 0.58        | 0.89        | 0.31            | 96.8               |
| 三 | 224        | 0.63        | 0.93        | 0.3             | 100                |

|                       |       |      |      |      |      |
|-----------------------|-------|------|------|------|------|
| 四                     | 231   | 0.53 | 0.86 | 0.33 | 90.9 |
| 五                     | 237   | 0.56 | 0.89 | 0.33 | 90.9 |
| 平均                    | 235.4 |      |      |      | 95.1 |
| 【表二十四】跑道材質：教室地板（磨石地面） |       |      |      |      |      |

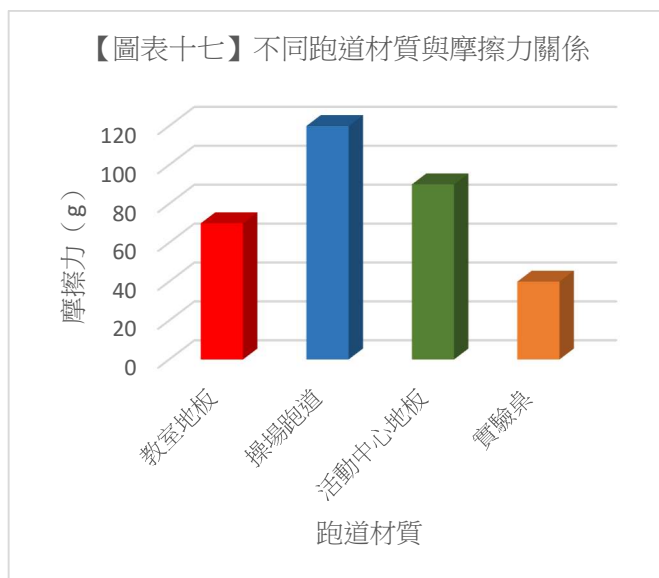
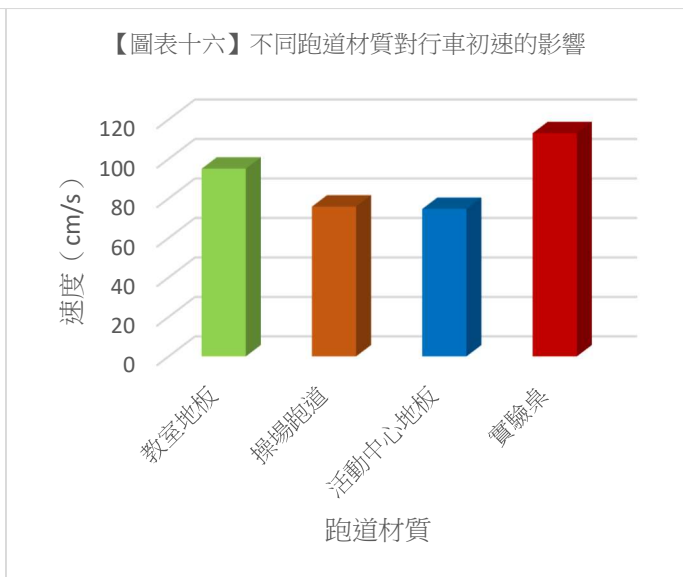
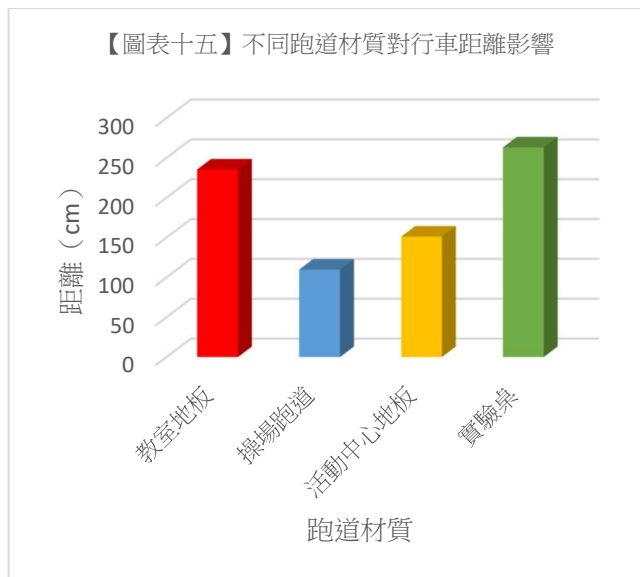
| 次                   | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|---------------------|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一                   | 115        | 0.85        | 1.24        | 0.39            | 76.9               |
| 二                   | 109        | 0.48        | 0.85        | 0.37            | 81.1               |
| 三                   | 110        | 0.91        | 1.3         | 0.39            | 76.9               |
| 四                   | 114        | 0.73        | 1.15        | 0.42            | 71.4               |
| 五                   | 101        | 0.64        | 1.05        | 0.41            | 73.2               |
| 平均                  | 109.8      |             |             |                 | 75.9               |
| 【表二十五】跑道材質：操場跑道（PU） |            |             |             |                 |                    |

| 次                       | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|-------------------------|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一                       | 166        | 0.7         | 1.1         | 0.4             | 75                 |
| 二                       | 151        | 0.66        | 1.08        | 0.42            | 71.4               |
| 三                       | 144        | 0.65        | 1.04        | 0.39            | 76.9               |
| 四                       | 145        | 0.64        | 1.04        | 0.4             | 75                 |
| 五                       | 150        | 0.64        | 1.04        | 0.4             | 75                 |
| 平均                      | 151.2      |             |             |                 | 74.7               |
| 【表二十六】跑道材質：活動中心地板（塑膠地板） |            |             |             |                 |                    |



| 次                | 距離<br>(cm) | 10cm<br>時間軸 | 40cm<br>時間軸 | 10-40cm<br>使用秒數 | 10-40cm<br>速度 cm/s |
|------------------|------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 一                | 255        | 0.72        | 0.98        | 0.26            | 115.4              |
| 二                | 268        | 0.61        | 0.85        | 0.24            | 125                |
| 三                | 270        | 0.56        | 0.84        | 0.28            | 107.1              |
| 四                | 262        | 0.65        | 0.92        | 0.27            | 111.1              |
| 五                | 261        | 0.69        | 0.97        | 0.28            | 107.1              |
| 平均               | 263.2      |             |             |                 | 113.1              |
| 【表二十七】跑道材質：教室實驗桌 |            |             |             |                 |                    |

將上述的實驗表格製成長條比較圖如【圖表十五】至【圖表十七】所示：



### 【發現與討論】

- 1、行車距離的測試結果為實驗桌>教室地板>活動中心地板>操場跑道。
- 2、行車初速測試結果：實驗桌>教室地板>操場跑道>活動中心地板。
- 3、和跑道材質的摩擦力做比較，可以看出，摩擦力愈大的跑道，行車距離愈短，得到的行車初速度也是愈慢。
- 4、摩擦力愈大，車子要克服摩擦消耗的能量愈多，可以用來前進的動能就減少，所以行車距離會縮短
- 5、而且摩擦力與運動方向相反，阻礙車子的運動，摩擦力愈大，減速愈快，所以行車距離愈短。

### 陸、討論與結論

- 一、本次實驗的迴力車，行車狀況和車輪的摩擦力相關性很大，車輪上沒有橡皮筋的迴力車，因與地面摩擦力過小，出發時會打滑，影響行車距離及車速。
- 二、綁了橡皮筋的車輪，與地面的摩擦力增加，所以行車距離及初速都有顯著增加，但橡皮筋愈多，行車表現不會愈好，因為車輪重量愈重，要克服的轉動慣量也愈大，所以會影響行車表現。
- 三、在大小輪不同的實驗中，以四輪都大輪的迴力車行車情形最好，原因是四大輪的輪動慣量較大，所以能維持的轉速也較久，就能延長車子滑行的時間。
- 四、驅動輪輪軸的粗細也會影響行車狀況，較粗的輪軸，在同樣後拉距離下，捲起的橡皮筋會較長，所以得到的彈性能較多，釋放時可得到較多動力，自然就跑得遠。
- 五、不同粗細輪軸的迴力車，若改成後拉同樣橡皮筋伸長量，會造成愈粗的輪軸，其後拉的圈數極少，所以造成釋放時沒什麼動力，行車的狀況就大打折扣。
- 六、在不同配重的迴力車上，我們發現不論是偏後輪或是偏前輪的配重方式，都會多少影響到行車表現，重量在前，後輪摩擦力變低，不易推動前輪。重量在後，後輪摩擦力過大，部份動力變成要克服摩擦力而損失。因此重心在中間的迴力車，其表現均衡，反而可以得到最好的行車表現。
- 七、而在前輪驅動或是後輪驅動的迴力車上，我們發現，只要是驅動輪是大輪，因為本身重量提供足夠摩擦力，動力可以順利傳達到地面，所以在推動或拉動小輪上，都相對輕鬆，因此都得到較好的表現。
- 八、在不同的跑道上，迴力車的行車表現和跑道摩擦力有相當大的關係，摩擦力愈大的跑道，

迴力車要克服摩擦力前進所費的能量就會愈大，因此能前進的動力就會愈小，所以很明顯的就會影響到整體的行車表現了。

九、綜合以上實驗所述，要得到最佳行車表現的迴力車，可以使用四個大輪上各綁兩條小橡皮筋，採後輪驅動的方式，配重要以中心為佳，而驅動軸在後拉距離一樣的情況下，是以粗吸管的輪軸表現會最好，然後在自然教室的實驗桌上，摩擦阻力較小，可以取得最好的行車初速及距離。

十、

## 柒、參考資料

- 1、休伊特（民 106）。觀念物理 I。台北市：遠見天下文化。
- 2、康軒出版社（）
- 3、維基百科。槓桿，民 113 年 1 月 4 日，取自：  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%9D%A0%E6%9D%86>
- 4、許良榮（民 99）。彈跳玩具。NTCU-科學遊戲實驗室，取自：  
<https://scigame.ntcu.edu.tw/power/power-057.html>