

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 自然科

佳作

最佳團隊合作獎

081505

快樂向前「行」

學校名稱：國立花蓮教育大學附設實驗國民小學

|        |       |
|--------|-------|
| 作者：    | 指導老師： |
| 小六 張育姿 | 李偲華   |
| 小六 劉亞竺 | 游時銘   |
| 小六 劉俊旻 |       |
| 小六 馮鈞鈺 |       |
| 小六 陳瑋婷 |       |

關鍵詞：碰撞 斜面 震動

## 壹、摘要

本研究是從自然與生活科技領域中有關「力的世界」單元出發，探討斜坡角度與四輪車行駛距離及穩定度的關係，並模擬真實駕駛環境，研究車子受到撞擊時，車中不同位置的「乘客」其位移情形，並找出降低「乘客」位移的方式。最後，再與真實生活中的行車環境作對照，找出行車最安全的情境及最安全的座位。我們利用一整年的時間完成研究，研究的過程中，我們透過實驗了解複雜物理系統中的簡單原則，不僅讓我們感受科學的迷人之處，也能更享受學習科學的樂趣，獲得非常多的收穫。

## 貳、研究動機

還記得「梅嶺」車禍嗎？一場車禍，可能奪走許多人的生命，原本完整的拼圖，少了一塊，就再也找不回來了，家庭就永遠也找不回溫暖的氣氛，歡樂的笑聲成為記憶中無法再回來的過去。人不可能永遠避免車禍的來臨，但我們或許可以經由努力或多些關注來改變及減輕車禍的傷亡，找回那一片遺失拼圖的關鍵。然而，有許多疑問在我們的心中產生：怎麼「行車」最平穩？車上的哪一個「座位」最安全？.....為了解決心中的疑惑，我們決定馬上著手設計實驗，找出快快樂樂向前「行」的秘訣。

## 參、研究目的

- 一、探討在坡面的環境中，行車最平穩的方式。
- 二、探討行車時，車上最平穩、最安全的座位。

## 肆、研究子題

- 一、坡面的角度對四輪車行駛距離及穩定度的影響？
- 二、四輪車的重量對四輪車行駛距離及穩定度的影響？
- 三、如何建立四輪車「高速下坡」的運動機制？
- 四、不同車速下，車子中不同的位置所受到的震動程度為何？
- 五、不同車速下，車子受到撞擊時，坐在車中不同位置「乘客」的碰撞情形為何？
- 六、不同車速下，車子受到撞擊時，車頭加裝保護裝置能減少「乘客」的位移情形嗎？
- 七、保護裝置的樣式對被撞四輪車滑行距離的影響？

## 伍、研究設備及器材

- 一、材料：4mm 厚的飛機木、150g 重的台車、三合板、釘子、毛線、魔鬼氈、投影片、橡皮筋、彈簧、串珠、牙籤、瓶蓋、牛奶板、魔術黏土、電池、油土、磁鐵、鐵絲、海綿、軟木塞、木條、樹脂、細砂、雙面膠、漆包線、電線、電池座。
- 二、工具：尺、美工刀、圓規刀、熱熔膠槍、熱熔膠、量角器、砝碼、天秤、電子秤、相機、篩網、攝錄影機。

## 陸、研究過程及方法

### 一、研究子題一：坡面的角度對四輪車行駛距離及穩定度的影響？

#### （一）實驗器材設計

##### 1.設計「五人座的四輪車」：

爲了模擬真實的行駛環境，利用飛機木將平時上課實驗用的台車改裝成五人座的四輪車（車重 250 公克，如圖 1-1~1-3），以利於進行實驗。

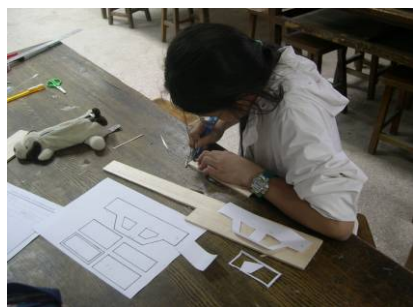


圖 1-1：在紙上畫好車子的設計圖。



圖 1-2：依據設計圖來切割飛機木。



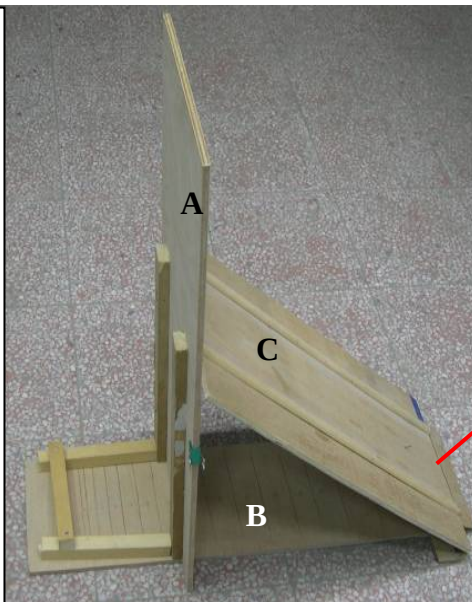
圖 1-3：用熱熔膠將切割好的飛機木黏上，車子就完成囉！

##### 2.設計「斜坡調整器」：

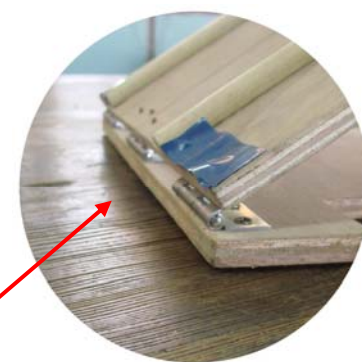
爲了方便在實驗過程中調整斜坡角度，利用木板設計「第一代斜坡調整器」（如圖 1-4），但經過初步實驗測試發現第一代斜坡調整器因木板原本的厚度導致坡底與地面產生落差，使得實驗產生誤差，經由改良及再測試成爲「第二代斜坡調整器」（如圖 1-5）。

#### ◎「第一代斜坡角度調整器」的使用說明：

- （1）使用大型量角器調整坡道木板 C 及木板 B 的角度後，調整木板 A 使木板 C 卡住木板 A，視木板 A 的落點在木板 B 上做記號。
- （2）木板 A 後方的 L 型支架可助於支撐在木板 B 上。
- （3）坡道中央固定兩木條以調整四輪車行駛的路線，兩木條間隔 15 公分。



#### ◎「第一代斜坡角度調整器」的缺點：



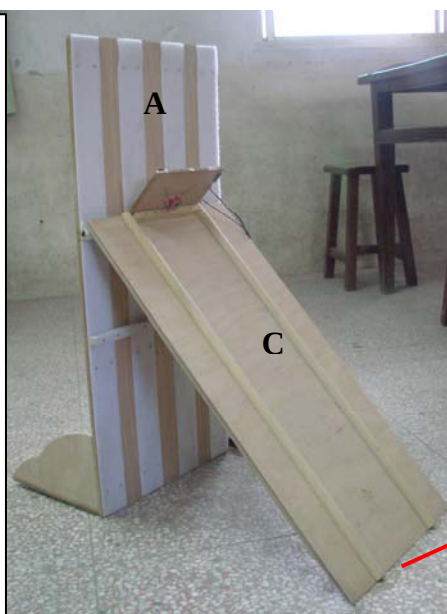
木板的厚度導致坡底與地面產生落差與斷層，四輪車行駛至此時，容易發生嚴重彈跳，導致實驗誤差。

圖 1-4：第一代斜坡角度調整器。

◎「第二代斜坡角度調整器」的使用說明：

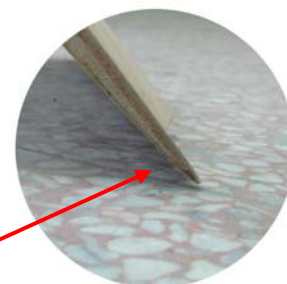
(1) 在木板 A 黏上魔鬼氈，調整木板 C 與地面的夾角，使用魔鬼氈木條固定斜坡角度。

(2) 坡道中央固定兩木條以調整四輪車行駛的路線，兩木條間隔 15 公分。



◎「第二代斜坡角度調整器」的優點：

1、削薄木板 C 的坡底厚度，使坡面與地面沒有落差與斷層。



2、改良成兩木板的斜坡量角器，外型更輕巧，操作更方便。

圖 1-5：第二代斜坡角度調整器。

3.設計四輪車電磁啟動器：

起先實驗時，我們將四輪車置於坡頂後放手，讓四輪車順著坡面行駛到地面，但為了減少人為所造成的誤差，我們設計「電磁啟動器」（如圖 1-6）。



圖 1-6：能啟動四輪車的「電磁啟動器」。

◎電磁啟動器製作說明：

(1) 在坡頂處設計一個漆包線所纏繞的線圈，線圈連接電池座（如圖 1-7）。

(2) 在車尾黏一片鐵片，鐵片上吸住一個磁鐵（如圖 1-8）。

(3) 打開電池座，線圈可與磁鐵相吸引，四輪車便在坡頂停住；關閉電池座，線圈無法與磁鐵相吸引，四輪車便會順著坡面滑下（如圖 1-9）。



圖 1-7：坡頂處的漆包線線圈。



圖 1-8：車尾的鐵片及磁鐵。



圖 1-9：電池座開關器。

## （二）研究方法

- 1.在地面繪製寬 30 公分的直線道路，供四輪車行駛。
- 2.將四輪車置於坡頂，將電磁啟動器斷電，使四輪車順著坡面行駛到地面寬 30 公分的道路上。
- 3.調整坡度為 5、10、15、……90 度，觀察記錄坡面角度不同時，四輪車行駛距離及平穩度。

## （三）研究結果

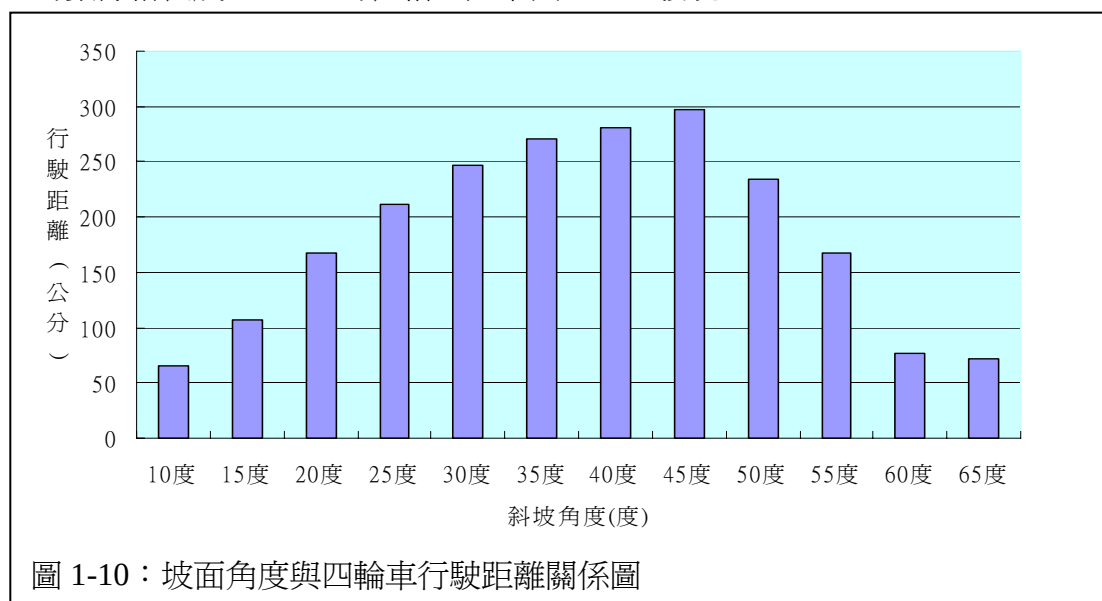
表一：坡面角度與四輪車行駛距離關係表

| 實驗次數<br>行駛情形<br>(cm)<br>坡道角度 | 1                            |   | 2     |   | 3     |   | 平均    | 行駛情形說明                                      |
|------------------------------|------------------------------|---|-------|---|-------|---|-------|---------------------------------------------|
| 5 度                          | 四輪車無法順利前進                    |   |       |   |       |   |       |                                             |
| 10 度                         | 62.5                         | ○ | 66.5  | ○ | 67    | ○ | 65.3  | 行駛得很穩定。                                     |
| 15 度                         | 105                          | ○ | 108   | ○ | 109   | ○ | 107.5 | 行駛得很穩定。                                     |
| 20 度                         | 167                          | ○ | 166   | ○ | 169   | ○ | 167.5 | 行駛得很穩定。                                     |
| 25 度                         | 213                          | ○ | 212.5 | ○ | 210   | ○ | 211.8 | 行駛得很穩定。                                     |
| 30 度                         | 247                          | ○ | 246   | ○ | 245.5 | ○ | 246.2 | 行駛得很穩定。                                     |
| 35 度                         | 279                          | ○ | 271   | ○ | 262   | ○ | 270.7 | 行駛得很穩定。                                     |
| 40 度                         | 282                          | ○ | 279   | ○ | 283   | ○ | 281.3 | 行駛得很穩定。                                     |
| 45 度                         | 299                          | ○ | 307.5 | △ | 286   | ○ | 297.5 | 四輪車後輪彈跳至地面。                                 |
| 50 度                         | 221                          | × | 233   | × | 248.5 | × | 234.2 | 隨著斜坡角度的增加，車子前面的底盤撞擊到地面的力道更大，導致車子行駛方向的偏移更嚴重。 |
| 55 度                         | 154                          | × | 160   | × | 190   | × | 168   |                                             |
| 60 度                         | 81                           | × | 77    | × | 71.5  | × | 76.5  |                                             |
| 65 度                         | 80                           | × | 69    | × | 65    | × | 71.3  |                                             |
| 70 度                         | 四輪車放在坡道頂端無法順著坡面行駛，一放手，車子就掉落。 |   |       |   |       |   |       |                                             |

◎註：四輪車從坡道滑下到停止時，「○」表示都一直行駛於寬 30 公分的道路裡；「△」表示曾行駛於寬 30 公分道路的線上；「×」表示曾行駛到寬 30 公分道路的外面。

## （四）研究發現

- 1.將表一的數據繪製成 EXCEL 的表格，如下圖 1-10，發現：





- (1) 當坡度為 10 度至 45 度時，角度越大，四輪車行駛距離越遠。
- (2) 當坡度為 50 度至 65 度時，角度越大，四輪車行駛距離會減少。
- (3) 當坡度為 10 度至 35 度時，斜坡每增加 5 度，四輪車行駛距離也會增加 50 公分左右。
- (4) 當坡度為 35 度至 45 度時，斜坡每增加 5 度，四輪車行駛距離會增加 10 公分左右。
- (5) 當坡度為 45 度至 60 度時，每增加五度，四輪車行駛距離會減少 60 公分至 70 公分。
- (6) 當斜坡的角度為 45 度時，四輪車行駛的距離最佳，為 297.5 公分。

2. 當坡度為 5 度時，因為角度不夠大，使四輪車無法順著斜坡往下滑。
3. 當坡度大於或等於 70 度時，四輪車自斜坡頂端滑下後就翻車，無法順利行駛。
4. 當坡度小於或等於 40 度時，四輪車行駛的路線都在寬 30 公分的道路內，非常平穩。

5. 當坡度為 45 度時，四輪車滑下時車底盤雖然不會碰撞到地面，但四輪車後輪會發生彈跳情形，據仔細觀察發現是後輪沒有順著斜坡面行駛就直接落到地面所造成的，推測是因四輪車前輪著地後，後輪及車身隨著車子的重力落到地面（如圖 1-11）。

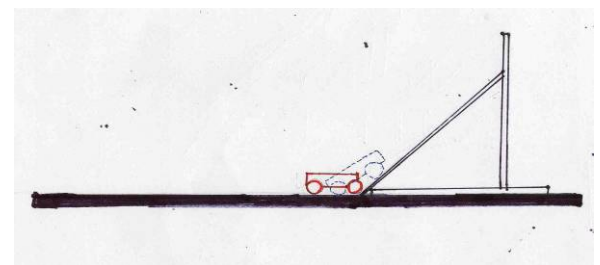


圖 1-11：四輪車的後輪沒有順著斜坡面行駛就直接落到地面，造成彈跳情形。

6. 當坡度大於 45 度時，車子前面底盤會撞擊到地面，產生撞擊力，因撞擊力的反力，車子必減速。且由於坡度的增加，四輪車彈跳的高度增大，使得四輪車行駛時所偏移的角度也越大（如圖 1-12）。

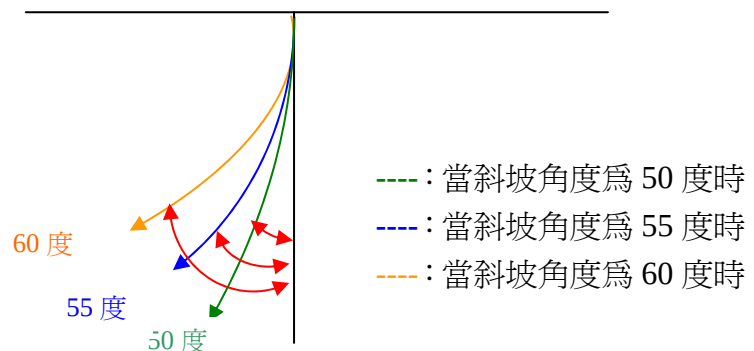
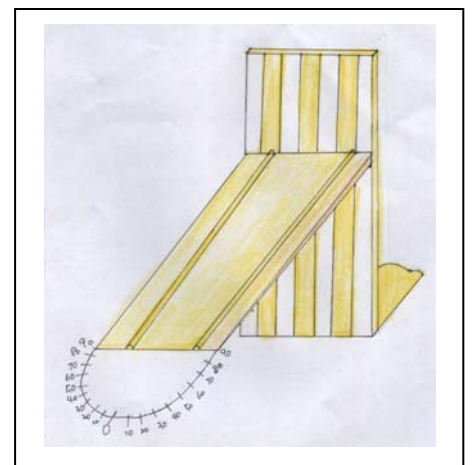


圖 1-12：斜坡的角度越大，四輪車滑下時的偏移情形更嚴重。

## 二、研究子題二：四輪車的重量對四輪車行駛距離及穩定度的影響？

### （一）實驗器材設計

1. 利用量角器，在斜坡底的地面畫上刻度，以便測量車子行駛時所偏移的角度（如圖 2-1）。



➤圖 2-1：在坡底地面畫上刻度，以便測量車子行駛時所偏移的角度。

2.當四輪車從坡面滑下停止後，在斜坡底部中央拉一條毛線至車子的中心點，測量出四輪車行駛時所偏移的角度（如圖 2-2）。



圖 2-2：自坡底中央拉條毛線至車子的中心點，測量行駛時所偏移的角度。

## （二）研究方法

調整坡度為 50 度、55 度、60

度、65 度時，在四輪車裡的中央依序置入 50 克、100 克、150 克……600 克的砝碼後，觀察四輪車行駛的距離以及行駛時所偏移的角度。

## （三）研究結果

表二：斜坡角度 50 度時，四輪車的載重量與其行駛距離及偏移角度關係表

| 實驗<br>次數<br>砝碼重 | 1            |             | 2            |             | 3            |             | 平 均          |             | 備 註   |
|-----------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------|
|                 | 行駛距<br>離(cm) | 偏移角<br>度(度) | 行駛距<br>離(cm) | 偏移角<br>度(度) | 行駛距<br>離(cm) | 偏移角<br>度(度) | 行駛距<br>離(cm) | 偏移角<br>度(度) |       |
| 0               | 167          | 34          | 168          | 40          | 164          | 34          | 166.3        | 36          | 順利行駛。 |
| 50              | 208.6        | 25          | 290.8        | 20          | 267.5        | 23          | 255.6        | 23          | 順利行駛。 |
| 100             | 300          | 11          | 296          | 11          | 299.5        | 9           | 298.5        | 10.3        | 順利行駛。 |
| 150             | 299          | 9.3         | 300          | 10          | 307.5        | 8.7         | 302.2        | 9.3         | 順利行駛。 |
| 200             | 304          | 10          | 305          | 7           | 302.5        | 8           | 303.8        | 8.3         | 順利行駛。 |
| 250             | 305          | 7.5         | 307          | 7           | 305.5        | 6.8         | 305.8        | 7.1         | 順利行駛。 |
| 300             | 300          | 6           | 312.5        | 6           | 316.5        | 6           | 309.7        | 6           | 順利行駛。 |
| 350             | 337          | 5           | 325          | 4           | 325          | 6           | 329          | 5           | 順利行駛。 |
| 400             | 336          | 4           | 332          | 5           | 335          | 5           | 334.3        | 4.7         | 順利行駛。 |
| 450             | 339          | 3           | 335.5        | 4           | 329          | 3           | 334.5        | 3.3         | 順利行駛。 |
| 500             | 337          | 1           | 340          | 3           | 334          | 2           | 337          | 2           | 順利行駛。 |
| 550             | 370          | 0           | 369          | 3           | 382.6        | 0           | 373.9        | 1           | 順利行駛。 |
| 600             | 332.3        | 15          | 315          | 12          | 355          | 11          | 334.1        | 12.7        | 發生彈跳  |

表三：斜坡角度 55 度時，四輪車的載重量與其行駛距離及偏移角度關係表

| 實驗<br>次數<br>砝碼重 | 1            |             | 2            |             | 3            |             | 平 均          |             | 備 註   |
|-----------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------|
|                 | 行駛距<br>離(cm) | 偏移角<br>度(度) | 行駛距<br>離(cm) | 偏移角<br>度(度) | 行駛距<br>離(cm) | 偏移角<br>度(度) | 行駛距<br>離(cm) | 偏移角<br>度(度) |       |
| 0               | 70           | 21          | 68           | 23          | 78           | 21          | 72           | 21.7        | 順利行駛。 |
| 50              | 175          | 19          | 189          | 11          | 194          | 14          | 186          | 14.7        | 順利行駛。 |
| 100             | 221          | 9           | 221          | 6           | 233          | 7           | 225          | 7.3         | 順利行駛。 |
| 150             | 223          | 9           | 224          | 4           | 224          | 5           | 224          | 6           | 順利行駛。 |
| 200             | 235          | 4           | 242          | 0           | 233          | 6           | 236.7        | 3.3         | 順利行駛。 |
| 250             | 250          | 0           | 246          | 0           | 256          | 0           | 250.7        | 0           | 順利行駛。 |
| 300             | 248          | 19          | 247          | 16          | 250.5        | 14          | 248.5        | 16.3        | 發生彈跳  |

表四：斜坡角度 60 度時，四輪車的載重量與其行駛距離及偏移角度關係表

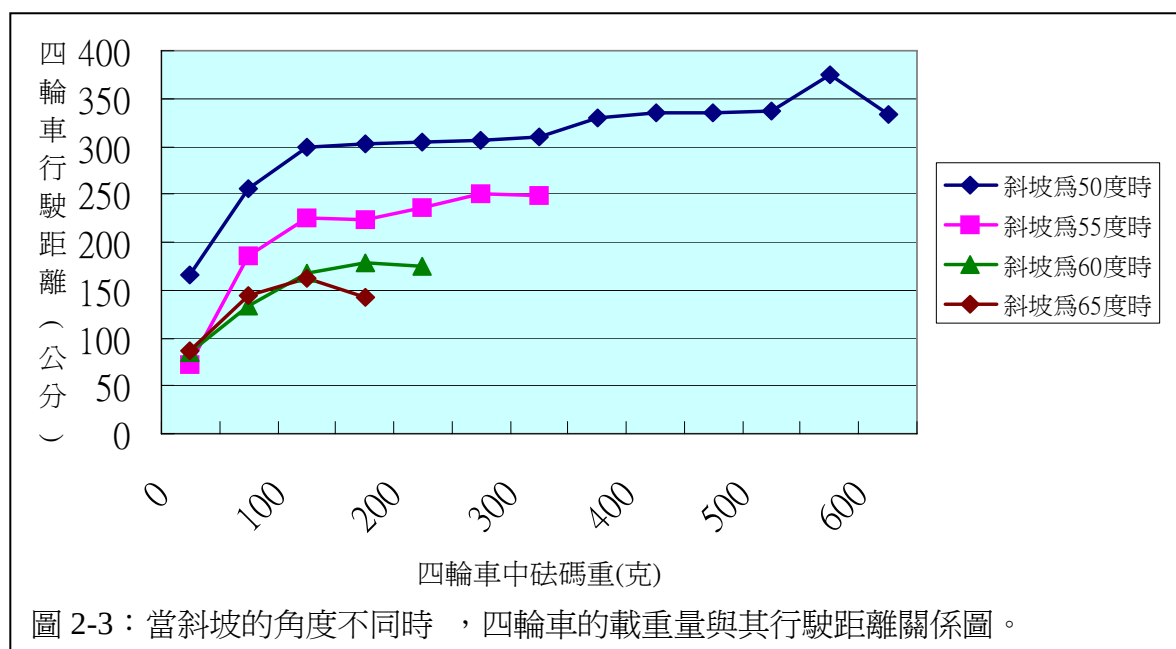
| 實驗<br>次數<br>砝碼重 | 1            |             | 2            |             | 3            |             | 平 均          |             | 備註    |
|-----------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------|
|                 | 行駛距<br>離(cm) | 偏移角<br>度(度) | 行駛距<br>離(cm) | 偏移角<br>度(度) | 行駛距<br>離(cm) | 偏移角<br>度(度) | 行駛距<br>離(cm) | 偏移角<br>度(度) |       |
| 0               | 90           | 26.5        | 86           | 27          | 80           | 25          | 85.3         | 26.2        | 順利行駛。 |
| 50              | 131          | 26          | 135          | 26          | 134          | 24          | 133.3        | 25.3        | 順利行駛。 |
| 100             | 169          | 15          | 166          | 14          | 170          | 19          | 168.3        | 16          | 順利行駛。 |
| 150             | 177          | 0           | 177          | 0           | 181          | 5           | 178.3        | 1.7         | 順利行駛。 |
| 200             | 172          | 6           | 176          | 8           | 175          | 6           | 174.3        | 6.7         | 發生彈跳  |

表五：斜坡角度 65 度時，四輪車的載重量與其行駛距離及偏移角度關係表

| 實驗<br>次數<br>砝碼重 | 1            |             | 2            |             | 3            |             | 平 均          |             | 備註            |
|-----------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|---------------|
|                 | 行駛距<br>離(cm) | 偏移角<br>度(度) | 行駛距<br>離(cm) | 偏移角<br>度(度) | 行駛距<br>離(cm) | 偏移角<br>度(度) | 行駛距<br>離(cm) | 偏移角<br>度(度) |               |
| 0               | 80           | 6           | 88           | 12          | 90           | 24          | 86           | 14          | 彈跳大<br>偏移角度隨機 |
| 50              | 141          | 11          | 149          | 12          | 142          | 14          | 144          | 12.3        | 順利行駛。         |
| 100             | 158          | 0           | 161          | 0           | 167          | 1           | 162          | 0.3         | 順利行駛。         |
| 150             | 145.5        | 19          | 139          | 19          | 145          | 15          | 143.2        | 17.7        | 發生彈跳          |

#### (四) 研究發現

1.將表二~表五的數據繪製成 EXCEL 的表格，如下圖 2-3，發現：

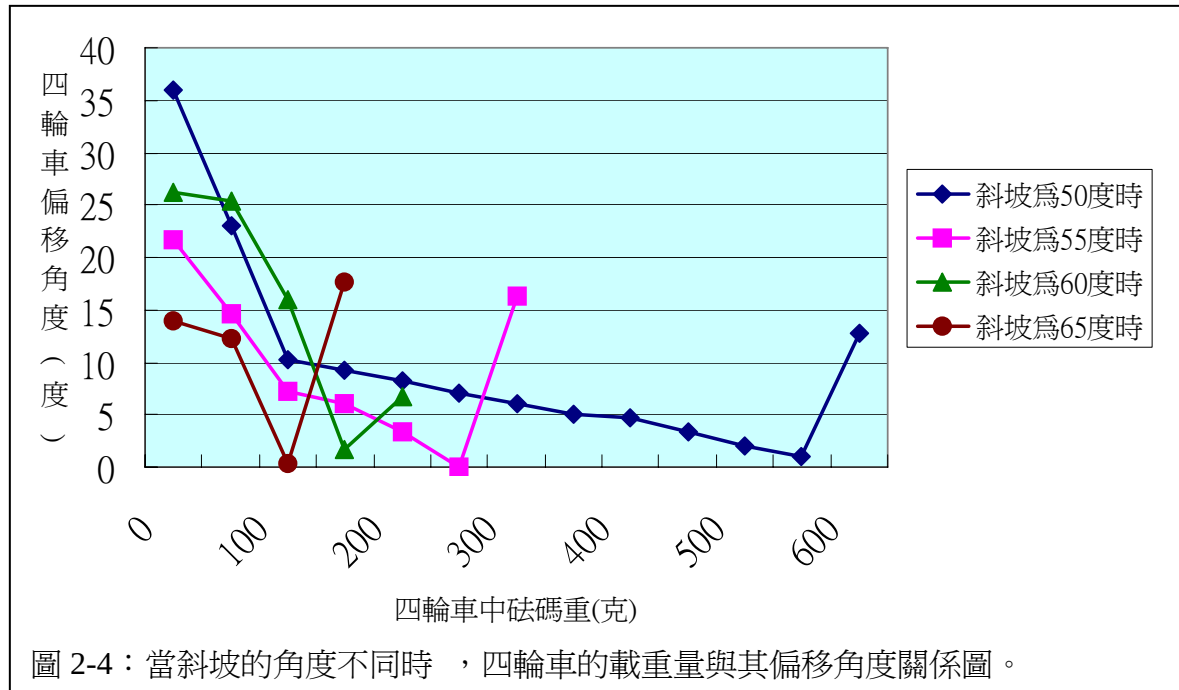


- (1) 當坡度為 50 度時，四輪車中砝碼越重，行駛距離越遠。當砝碼增至 550 克時，行駛距離最遠為 373.9 公分，但當砝碼重量大於或等於 600 克時，行駛距離就開始減少。
- (2) 當坡度為 55 度時，四輪車中砝碼越重，行駛距離越遠。當砝碼增至 250 克時，行駛距離最遠為 250.7 公分，但當砝碼重量大於或等於 300 克時，行駛距離就開始減少。



- (3) 當坡度為 60 度時，四輪車中砝碼越重，行駛距離越遠。當砝碼增至 150 克時，行駛距離最遠為 178.3 公分，但當砝碼重量大於或等於 200 克時，行駛距離就開始減少。
- (4) 當坡度為 65 度時，四輪車中砝碼越重，行駛距離越遠。當砝碼增至 100 克時，行駛距離最遠為 162 公分，但當砝碼重量大於或等於 150 克時，行駛距離就開始減少。
- (5) 坡度越大，想要四輪車行駛出最佳距離，四輪車的最佳載重量卻越少。

2.將表二~表五的數據繪製成 EXCEL 的表格，如下圖 2-4，發現：



- (1) 當坡度為 50 度時，四輪車中砝碼越重，行駛時所偏移的角度越小。當砝碼增至 550 克時，行駛時所偏移的角度最小為 1 度，但當砝碼重量大於或等於 600 克時，行駛時所偏移的角度就開始變大。
- (2) 當坡度為 55 度時，四輪車中砝碼越重，行駛時所偏移的角度越小。當砝碼增至 250 克時，行駛時所偏移的角度最小為 0 度，但當砝碼重量大於或等於 300 克時，行駛時所偏移的角度就開始變大。
- (3) 當坡度為 60 度時，四輪車中砝碼越重，行駛時所偏移的角度越小。當砝碼增至 150 克時，行駛時所偏移的角度最小為 1.7 度，但當砝碼重量大於或等於 200 克時，行駛時所偏移的角度就開始變大。
- (4) 當坡度為 65 度時，四輪車中砝碼越重，行駛時所偏移的角度越小。當砝碼增至 100 克時，行駛時所偏移的角度最小為 0.3 度，但當砝碼重量大於或等於 150 克時，行駛時所偏移的角度就開始變大。
- (5) 雖然增重能減少四輪車行駛時的偏移角度，但坡度越大，想要讓四輪車行駛時的偏移角度越小，增重幅度卻越小。

3.當坡度為 50 度、55 度、60 度、65 度，空車沿著坡面往下滑時，在坡底會發生巨大彈跳聲，並造成嚴重且不穩定的方向偏移，但一旦在車中置入 50 克砝碼後，能明顯改善此彈跳情形，讓四輪車行駛時更不會偏移。

### 三、研究子題三：如何建立四輪車「高速下坡」的運動機制？

#### （一）實驗器材設計

本實驗計畫利用不同的增速方法，讓四輪車在固定的路程中行駛，再測量其行駛時間的多寡，找出四輪車「高速下坡」的運動機制。因四輪車的行駛時間非常短（介於 0~3 秒間），傳統上利用碼錶來計量時間的方式，容易因人為按壓碼錶的時差而使誤差加大，因而改用攝錄影機錄下四輪車進行實驗的過程（如圖 3-1），再利用倒帶慢速重播的功能記錄四輪車行駛所花的時間（如圖 3-2），希望藉此方法提高實驗結果的準確度。



圖 3-1：用攝錄影機錄下四輪車進行實驗的過程。



圖 3-2：倒帶慢速重播的功能記錄四輪車行駛所花的時間。

#### （二）研究方法

1. 嘗試使用六種不同的增速方式，讓四輪車行駛於 30 度角、60 公分長的斜坡及 210 公分長的道路上(如圖 3-3)，並於終點記錄四輪車所行駛的時間。因為行駛距離一致，所以行駛時間越少，行駛速率越快。

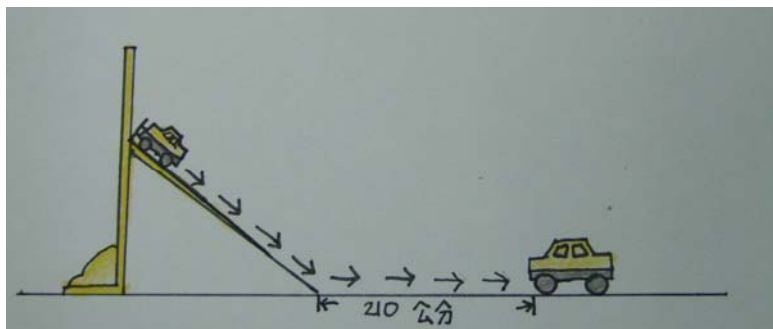


圖 3-3：利用不同增速方式，使四輪車行駛於固定的路徑。

2. 我們所使用的六種方式，說明如下：

- （1）原始方式：四輪車以空車形式行駛。
- （2）在坡面上增加透明塑膠墊：在斜坡上加裝一片透明片（如圖 3-4），以減少坡面摩擦力的方式設法使四輪車的行駛速率增快。
- （3）在四輪車裡前方增加重量：在四輪車中置入 50 克、100 克、150 克的砝碼，以增加車子重量的方式設法使四輪車的行駛速率增快（如圖 3-5）。
- （4）利用橡皮筋的彈力：在四輪車前面底盤繫上橡皮筋，並使橡皮筋套在斜坡面的釘子上（距坡底 10 公分處）（如圖 3-6），將橡皮筋拉長 30 公分，以橡皮筋的彈力設法使四輪車的行駛速率增快。
- （5）將斜坡加長：在斜坡上加裝一片 60 公分長木板（如圖



◀圖 3-4：在坡面上加透明膠墊。



▲圖 3-5：在四輪車裡前方用砝碼增重。

3-7)，以延長坡面的方式設法使四輪車的行駛速率增快。(計時方式說明：待四輪車行駛至第二塊斜坡時，再開始計時。)

(6) 利用彈簧的彈力：在斜坡頂加裝 3 個彈簧筒，以車子壓縮彈簧(如圖 3-8)，設法使四輪車的行駛速率增快。



▲圖 3-6：利用橡皮筋彈力。



▲圖 3-7：將斜坡加長。



▲圖 3-8：利用彈簧的彈力。

### (三) 研究結果

表六：不同的增速方式與四輪車行駛時間之關係表

| 項 目 | 增速方式      | 1      | 2      | 3      | 平均時間(秒) | 平均速率(公分/秒) |
|-----|-----------|--------|--------|--------|---------|------------|
| 方法一 | 原始        | 2 秒 33 | 2 秒 33 | 2 秒 34 | 2 秒 33  | 115.88     |
| 方法二 | 加塑膠墊      | 2 秒 33 | 2 秒 33 | 2 秒 41 | 2 秒 36  | 114.41     |
| 方法三 | 加 50 克重量  | 2 秒 24 | 2 秒 24 | 2 秒 23 | 2 秒 24  | 120.54     |
|     | 加 100 克重量 | 2 秒 24 | 2 秒 24 | 2 秒 23 | 2 秒 24  | 120.54     |
|     | 加 150 克重量 | 2 秒 19 | 2 秒 24 | 2 秒 19 | 2 秒 21  | 122.17     |
| 方法四 | 橡皮筋       | 0 秒 99 | 0 秒 99 | 0 秒 99 | 0 秒 99  | 272.73     |
| 方法五 | 斜坡加長      | 1 秒 26 | 1 秒 27 | 1 秒 29 | 1 秒 27  | 212.60     |
| 方法六 | 彈簧●●●     | 1 秒 85 | 1 秒 80 | 1 秒 81 | 1 秒 82  | 148.35     |
|     | 彈簧●○●     | 1 秒 82 | 1 秒 87 | 1 秒 84 | 1 秒 84  | 146.74     |
|     | 彈簧○●○     | 1 秒 97 | 1 秒 95 | 1 秒 92 | 1 秒 95  | 138.46     |

註：1.方法六中的「●」表示彈簧筒中加裝彈簧，「○」表示彈簧筒中沒有加裝彈簧。

2.標明「    」黃色部分是該方法中效果最佳的。

### (四) 研究發現

1.將表六的數據繪製成 EXCEL 的表格，如右圖 3-9，發現：

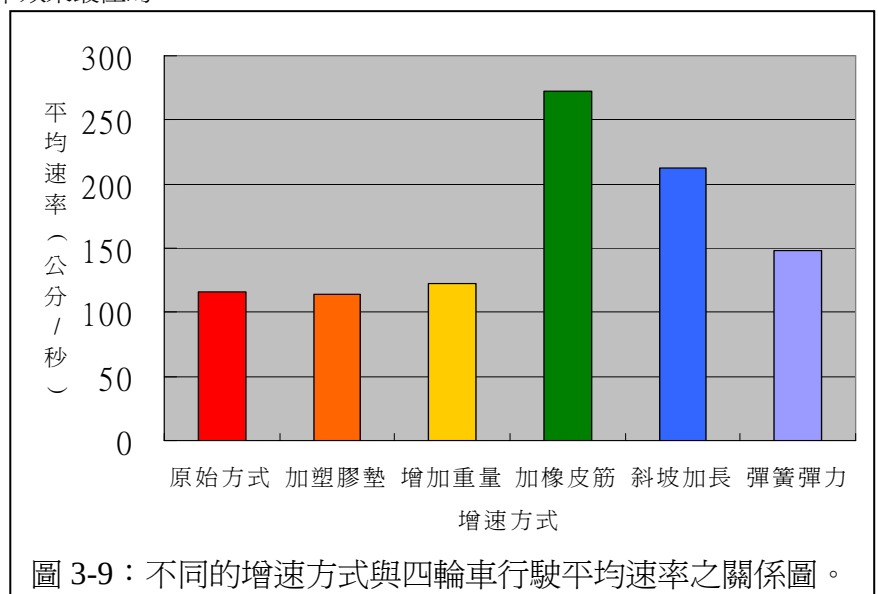


圖 3-9：不同的增速方式與四輪車行駛平均速率之關係圖。

- (1) 六種方法中能有效地增加四輪車行駛速率之方式依序是：利用橡皮筋彈力>斜坡加長>利用彈簧彈力>增加重量>原始方式>斜坡上加塑膠墊。其中效果最好的是利用橡皮筋的彈力，平均速率為 272.73 公分/秒，比原始方式快 156.85 公分/秒。
- (2) 在斜坡上加塑膠墊無法增加四輪車的行駛速率。
- (3) 以砝碼增加四輪車重量對於增快四輪車的行駛速率效果不顯著。
- (4) 增加一倍長斜坡的方式使四輪車行駛的平均速率增加約一倍，為 212.60 公分/秒。
- (5) 利用彈簧、橡皮筋的彈力確實能增加四輪車的行駛速率，但其中以橡皮筋的效果最好。

#### 四、研究子題四：不同車速下，車子中不同的位置所受到的震動程度為何？

##### (一) 實驗器材設計

設計搖晃儀：為了能以客觀、科學的方式從事實驗研究，我們必須先設計「搖晃儀」的形式，以便於測量台車行駛時，不同位置的搖晃程度。

##### 1. 「第一代搖晃儀」的設計

(1) 「第一代搖晃儀」(如圖 4-1)製作說明

- ① 5cm 長的牙籤當中心軸。
- ② 中心軸上穿入可在牙籤軸上輕鬆移動的珠子。
- ③ 珠子兩旁各穿入一片邊長 1cm 方形板。兩板間距 1.4 公分。
- ④ 牙籤軸兩端各黏上一片邊長 1.5cm 的方形板。

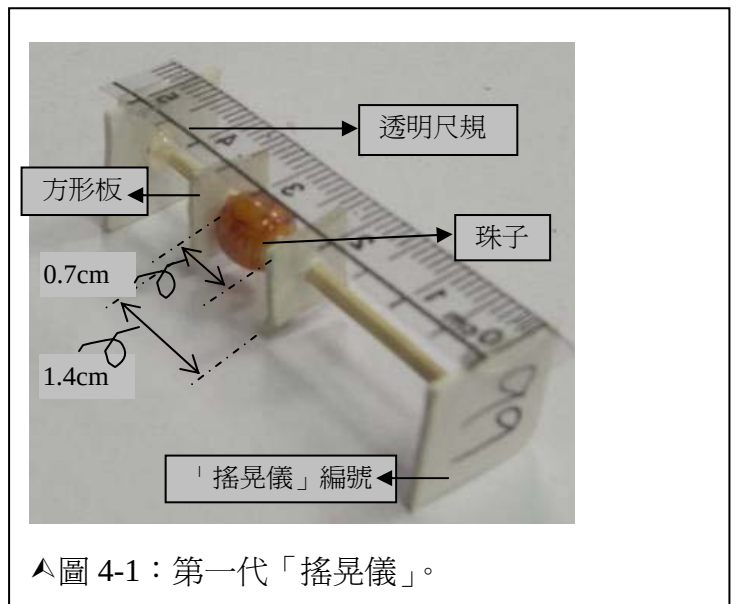
(2) 「第一代搖晃儀」使用說明

將「第一代搖晃儀」依三個向度置於台車上(如圖 4-2)，台車行駛中所發生的震動或晃動，會使第一代「搖晃儀」中的珠子前後、左右或上下晃動，晃動的珠子會推開珠子兩旁的板子，只要藉由透明尺規測量兩板間所移開的距離，就可以判斷台車的搖晃程度。兩板間所移開的距離越大，台車的搖晃程度越大；兩板間所移開的距離越小，台車的搖晃程度越小。(原本兩板間相距 1.4 公分)

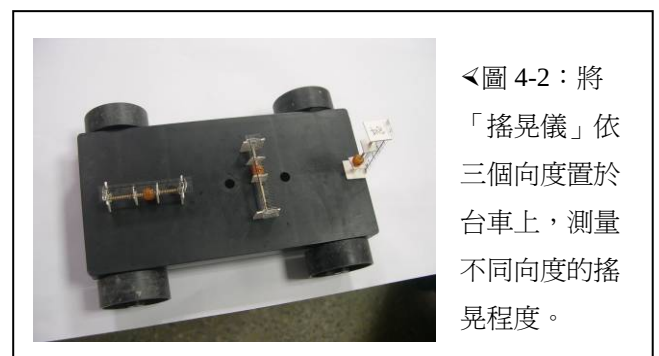
(3) 「第一代搖晃儀」優缺點分析

A.優點：體積小、能重複使用。

B.缺點：製作耗時、敏感度不夠、難以控制珠子兩旁的板子與竹籤的鬆緊度。由於以上缺點容易造成實驗數據的不準確，透過多次的討論與嘗試設計出「第二代搖晃儀」。



▲圖 4-1：第一代「搖晃儀」。



◀圖 4-2：將「搖晃儀」依三個向度置於台車上，測量不同向度的搖晃程度。



## 2.第二代搖晃儀的設計

第二代搖晃儀設計又區分為「水平式搖晃儀」及「直立式搖晃儀」兩種。

### (1)「第二代搖晃儀」製作說明

#### ◎水平式搖晃儀（如圖 4-3）

- ①在貼雙面膠的投影片上裁剪半徑 2.5 公分圓片，平分為四等分，在每個扇形標上 1、2、3、4 號碼，並裁剪開來。
- ②在台車上將四個扇形拼成圓形，圓形中心點上置一直徑 1.6 公分的細砂盒。
- ③細砂盒裡裝滿 1.59 公克 0.25mm 粒徑的細砂。

#### ◎直立式搖晃儀（如圖 4-4）

- ①在直徑 1.6 公分的細砂盒外貼滿一圈 4 公分高的雙面膠投影片，並在其上平分為四等分，每一區塊標上 1、2、3、4。
- ②細砂盒裡裝滿 1.59 公克 0.25mm 粒徑的砂。

### (2)「第二代搖晃儀」使用說明

#### ◎水平式搖晃儀

- ①先用電子秤分別測量扇形 1、2、3、4 最初重量(重量 X，如圖 4-5)。
- ②將「第二代搖晃儀」置於台車上，行駛中發生震動或晃動，會使砂盒中砂子灑落於扇形 1、2、3、4(如圖 4-6)，再分別測量扇形 1、

③【重量 Y】減【重量 X】的差，即是該區域所灑落出的砂重。

④砂子灑落於扇形 1、3 處表示台車前、後的搖晃程度；砂子灑落於扇形 2、4 處表示台車右、左的搖晃程度。



圖 4-5：用電子秤測量 1 號扇形原本的重量 (X)。



圖 4-6：行駛中發生晃動，使砂盒中砂子灑落。



圖 4-7：實驗後，用電子秤測量 1 號扇形重量 (Y)。

#### ◎直立式搖晃儀

- ①將「第二代搖晃儀」置於台車上，行駛中所發生震動或晃動，會使砂盒中砂子灑落於雙面膠投影片上。(如圖)
- ②測量砂盒周圍砂子噴灑的高度，表示台車上、下的搖晃程度(如圖)。而仔細測量區域 1、2、3、4 的砂子高度能細膩地觀察搖晃情形。

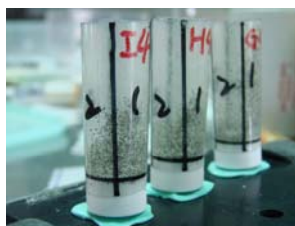


圖 4-8：因行駛所發生的振動，砂盒會噴灑出砂子。



圖 4-9：投影片展開後，測量砂子高度。

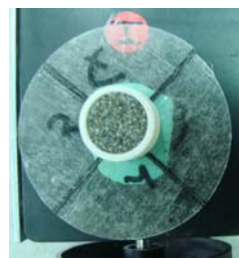


圖 4-3：第二代水平式搖晃儀。



圖 4-4：第二代直立式搖晃儀。

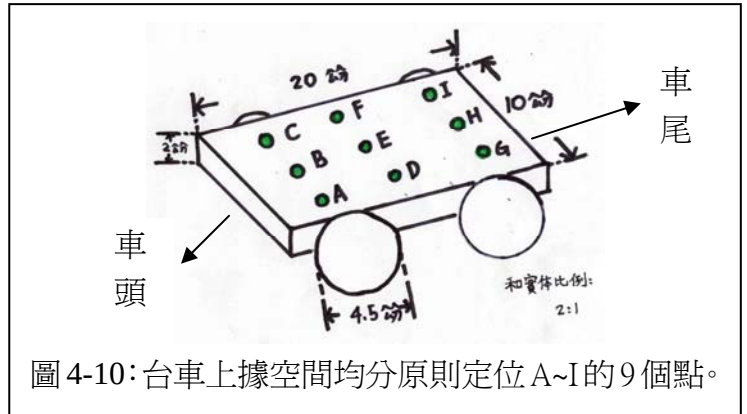


### (3)「第二代搖晃儀」優缺點分析

- A.優點：由砂子灑落於某區域的重量、高度能客觀、準確地觀察出台車前後、左右、上下的晃動程度，敏感度高。
- B.缺點：操作耗工、耗時，雙面膠投影片無法重複使用。

### (二) 研究方法

- 1.在台車上依據空間均分原則定位 9 個點（如圖 4-5），分別為 A、B、C、D、E、F、G、H、I 點。



- 2.分別在 A、B、C、D、E、F、G、H、I 點上放置第二代水平式「搖晃儀」（如圖）及第二代直立式「搖晃儀」（如圖 4-6），讓台車行駛於 30 度角的斜坡，當台車停止時，測量第二代水平式「搖晃儀」區域 1、2、3、4 的重量，以及測量第二代直立式「搖晃儀」區域 1、2、3、4 的高度。
- 3.利用實驗三「高速下坡」的運動機制，以依靠橡皮筋的彈力增加四輪車的行駛速度，再進行步驟 2 的實驗及測量，觀察台車增速時上下、左右、前後的搖晃程度。

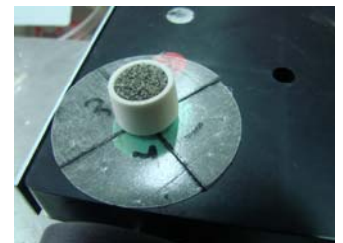


圖 4-11：將「第二代水平式搖晃儀」置於台車上。

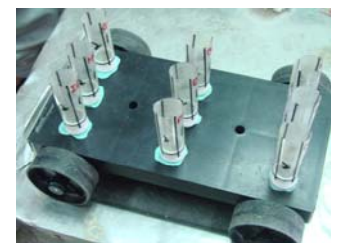


圖 4-12：將「第二代直立式搖晃儀」置於台車上。

### (三) 研究結果

表七：順著坡面行駛，四輪車上 A 點的震動程度面向表

| 扇形區域<br>砂重 (g)<br>次數 | 1    | 2    | 3    | 4    | 灑落圓片內<br>總砂重 (克) | 砂盒內殘餘砂<br>重 (克) | 灑落圓片外砂<br>重 (克) |
|----------------------|------|------|------|------|------------------|-----------------|-----------------|
| 1                    | 0.16 | 0.02 | 0.02 | 0.13 | 0.33             | 0.98            | 0.28            |
| 2                    | 0.14 | 0.02 | 0.01 | 0.08 | 0.25             | 0.99            | 0.35            |
| 3                    | 0.18 | 0.10 | 0.02 | 0.09 | 0.39             | 0.87            | 0.33            |
| 4                    | 0.13 | 0.03 | 0    | 0.07 | 0.23             | 0.89            | 0.47            |
| 5                    | 0.21 | 0.09 | 0.02 | 0.03 | 0.35             | 0.99            | 0.25            |
| 6                    | 0.23 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.28             | 0.73            | 0.58            |
| 7                    | 0.17 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.22             | 0.93            | 0.44            |
| 平均                   | 0.17 | 0.04 | 0.01 | 0.06 | 0.28             | 0.91            | 0.39            |

表八：順著坡面行駛，四輪車上 B 點的震動程度面向表

| 扇形區域<br>砂重 (g)<br>次數 | 1    | 2    | 3    | 4    | 灑落圓片內<br>總砂重 (克) | 砂盒內殘餘砂重<br>(克) | 灑落圓片外砂<br>重 (克) |
|----------------------|------|------|------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 1                    | 0.14 | 0.07 | 0.01 | 0    | 0.22             | 0.85           | 0.52            |
| 2                    | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.03 | 0.2              | 0.98           | 0.41            |
| 3                    | 0.16 | 0.19 | 0.04 | 0    | 0.39             | 1.09           | 0.11            |
| 4                    | 0.05 | 0.26 | 0.03 | 0.04 | 0.38             | 0.97           | 0.24            |
| 5                    | 0.16 | 0.02 | 0.01 | 0.08 | 0.27             | 0.89           | 0.43            |
| 6                    | 0.07 | 0.01 | 0    | 0    | 0.08             | 0.8            | 0.71            |
| 7                    | 0.09 | 0.01 | 0    | 0.20 | 0.3              | 0.96           | 0.33            |
| 平均                   | 0.10 | 0.09 | 0.02 | 0.05 | 0.26             | 0.93           | 0.39            |

表九：順著坡面行駛，四輪車上 C 點的震動程度面向表

| 扇形區域<br>砂重 (g)<br>次數 | 1    | 2    | 3    | 4    | 灑落圓片內<br>總砂重 (克) | 砂盒內殘餘砂重<br>(克) | 灑落圓片外砂<br>重 (克) |
|----------------------|------|------|------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 1                    | 0.20 | 0.03 | 0.01 | 0.11 | 0.35             | 1.13           | 0.11            |
| 2                    | 0.25 | 0.03 | 0.02 | 0.07 | 0.37             | 0.8            | 0.42            |
| 3                    | 0.40 | 0.04 | 0.02 | 0.06 | 0.52             | 0.7            | 0.37            |
| 4                    | 0.17 | 0.08 | 0    | 0.02 | 0.27             | 0.92           | 0.40            |
| 5                    | 0.24 | 0.02 | 0.02 | 0.09 | 0.37             | 0.84           | 0.38            |
| 6                    | 0.07 | 0.02 | 0.03 | 0.20 | 0.32             | 1.11           | 0.16            |
| 7                    | 0    | 0.08 | 0.06 | 0    | 0.14             | 1.05           | 0.40            |
| 平均                   | 0.19 | 0.04 | 0.02 | 0.08 | 0.33             | 0.94           | 0.32            |

表十：順著坡面行駛，四輪車上 D 點的震動程度面向表

| 扇形區域<br>砂重 (g)<br>次數 | 1    | 2    | 3    | 4    | 灑落圓片內<br>總砂重 (克) | 砂盒內殘餘砂重<br>(克) | 灑落圓片外砂<br>重 (克) |
|----------------------|------|------|------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 1                    | 0.06 | 0.09 | 0.23 | 0.02 | 0.4              | 0.95           | 0.24            |
| 2                    | 0.06 | 0.01 | 0.12 | 0.14 | 0.33             | 0.75           | 0.51            |
| 3                    | 0    | 0    | 0.16 | 0.24 | 0.4              | 0.9            | 0.29            |
| 4                    | 0.14 | 0.01 | 0.07 | 0.12 | 0.34             | 0.99           | 0.26            |
| 5                    | 0    | 0.07 | 0.17 | 0.19 | 0.43             | 0.98           | 0.18            |
| 6                    | 0.06 | 0.25 | 0.06 | 0.02 | 0.39             | 1.16           | 0.04            |
| 7                    | 0    | 0.22 | 0.03 | 0    | 0.25             | 0.83           | 0.51            |
| 平均                   | 0.05 | 0.09 | 0.12 | 0.10 | 0.36             | 0.94           | 0.29            |

表十一：順著坡面行駛，四輪車上 E 點的震動程度面向表

| 扇形區域<br>砂重 (g)<br>次數 | 1    | 2    | 3    | 4    | 灑落圓片內<br>總砂重 (克) | 砂盒內殘餘砂重<br>(克) | 灑落圓片外砂<br>重 (克) |
|----------------------|------|------|------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 1                    | 0.08 | 0.01 | 0.04 | 0.14 | 0.27             | 1              | 0.32            |
| 2                    | 0.03 | 0    | 0.05 | 0.48 | 0.56             | 0.83           | 0.20            |
| 3                    | 0.01 | 0    | 0.24 | 0.13 | 0.38             | 0.72           | 0.49            |
| 4                    | 0.05 | 0.01 | 0.09 | 0.18 | 0.33             | 0.7            | 0.56            |
| 5                    | 0    | 0.05 | 0.19 | 0.04 | 0.28             | 1.01           | 0.30            |
| 6                    | 0.09 | 0.07 | 0.09 | 0.01 | 0.26             | 0.78           | 0.55            |
| 7                    | 0.15 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.23             | 0.53           | 0.83            |
| 平均                   | 0.06 | 0.02 | 0.10 | 0.14 | 0.32             | 0.8            | 0.46            |

表十二：順著坡面行駛，四輪車上 F 點的震動程度面向表

| 扇形區域<br>砂重 (g)<br>次數 | 1    | 2    | 3    | 4    | 灑落圓片內<br>總砂重 (克) | 砂盒內殘餘砂<br>重 (克) | 灑落圓片外砂<br>重 (克) |
|----------------------|------|------|------|------|------------------|-----------------|-----------------|
| 1                    | 0.03 | 0    | 0.02 | 0.22 | 0.27             | 0.79            | 0.53            |
| 2                    | 0.03 | 0.07 | 0.09 | 0.18 | 0.37             | 0.69            | 0.53            |
| 3                    | 0.19 | 0.03 | 0.01 | 0.09 | 0.32             | 1.01            | 0.26            |
| 4                    | 0.09 | 0    | 0.06 | 0.31 | 0.46             | 0.71            | 0.42            |
| 5                    | 0.03 | 0.04 | 0.11 | 0.02 | 0.2              | 1.19            | 0.20            |
| 6                    | 0.03 | 0.03 | 0.35 | 0.07 | 0.48             | 0.85            | 0.26            |
| 7                    | 0.04 | 0.03 | 0.27 | 0.03 | 0.37             | 0.86            | 0.36            |
| 平均                   | 0.06 | 0.03 | 0.13 | 0.13 | 0.35             | 0.87            | 0.37            |

表十三：順著坡面行駛，四輪車上 G 點的震動程度面向表

| 扇形區域<br>砂重 (g)<br>次數 | 1    | 2    | 3    | 4    | 灑落圓片內<br>總砂重 (克) | 砂盒內殘餘砂<br>重 (克) | 灑落圓片外砂<br>重 (克) |
|----------------------|------|------|------|------|------------------|-----------------|-----------------|
| 1                    | 0.18 | 0.1  | 0.15 | 0.26 | 0.69             | 0.62            | 0.28            |
| 2                    | 0.07 | 0    | 0.17 | 0.02 | 0.26             | 0.93            | 0.40            |
| 3                    | 0.08 | 0.04 | 0.17 | 0    | 0.29             | 0.97            | 0.33            |
| 4                    | 0.08 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.23             | 1.27            | 0.09            |
| 5                    | 0.21 | 0.02 | 0.19 | 0.09 | 0.51             | 0.64            | 0.44            |
| 6                    | 0.05 | 0.09 | 0.21 | 0.03 | 0.38             | 0.89            | 0.32            |
| 7                    | 0.14 | 0.05 | 0.22 | 0.05 | 0.46             | 0.94            | 0.19            |
| 平均                   | 0.12 | 0.05 | 0.16 | 0.07 | 0.4              | 0.89            | 0.29            |

表十四：順著坡面行駛，四輪車上 H 點的震動程度面向表

| 扇形區域<br>砂重 (g)<br>次數 | 1    | 2    | 3    | 4    | 灑落圓片內<br>總砂重 (克) | 砂盒內殘餘砂<br>重 (克) | 灑落圓片外砂<br>重 (克) |
|----------------------|------|------|------|------|------------------|-----------------|-----------------|
| 1                    | 0.00 | 0.01 | 0.20 | 0.04 | 0.25             | 0.99            | 0.35            |
| 2                    | 0.07 | 0.05 | 0.03 | 0.22 | 0.37             | 0.97            | 0.25            |
| 3                    | 0.18 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.3              | 0.69            | 0.6             |
| 4                    | 0.04 | 0.08 | 0.13 | 0.03 | 0.28             | 1.1             | 0.21            |
| 5                    | 0.03 | 0.05 | 0.22 | 0.04 | 0.34             | 1.09            | 0.16            |
| 6                    | 0.24 | 0.03 | 0.16 | 0.05 | 0.48             | 0.66            | 0.45            |
| 7                    | 0.21 | 0.04 | 0.16 | 0.05 | 0.46             | 0.36            | 0.77            |
| 平均                   | 0.11 | 0.04 | 0.13 | 0.07 | 0.35             | 0.84            | 0.40            |

表十五：順著坡面行駛，四輪車上 I 點的震動程度面向表

| 扇形區域<br>砂重 (g)<br>次數 | 1    | 2    | 3    | 4    | 灑落圓片內<br>總砂重 (克) | 砂盒內殘餘砂<br>重 (克) | 灑落圓片外砂<br>重 (克) |
|----------------------|------|------|------|------|------------------|-----------------|-----------------|
| 1                    | 0.18 | 0.03 | 0.23 | 0.01 | 0.45             | 0.38            | 0.76            |
| 2                    | 0.17 | 0.06 | 0.07 | 0.05 | 0.35             | 0.62            | 0.62            |
| 3                    | 0.19 | 0.03 | 0.10 | 0.03 | 0.35             | 0.57            | 0.67            |
| 4                    | 0.30 | 0.02 | 0.12 | 0.27 | 0.71             | 0.44            | 0.44            |
| 5                    | 0.26 | 0.04 | 0.19 | 0.09 | 0.58             | 0.64            | 0.37            |
| 6                    | 0.10 | 0.08 | 0.06 | 0.04 | 0.28             | 1.16            | 0.15            |
| 7                    | 0.12 | 0.01 | 0.18 | 0.05 | 0.36             | 0.52            | 0.71            |
| 平均                   | 0.19 | 0.04 | 0.14 | 0.08 | 0.45             | 0.61            | 0.54            |

表十六：高速下坡行駛，四輪車上 A 點的震動程度面向表

| 扇形區域<br>砂重 (g)<br>次數 | 1    | 2    | 3    | 4    | 灑落圓片內<br>總砂重 (克) | 砂盒內殘餘砂重<br>(克) | 灑落圓片外砂<br>重 (克) |
|----------------------|------|------|------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 1                    | 0.02 | 0.01 | 0.04 | 0    | 0.07             | 0.19           | 1.33            |
| 2                    | 0    | 0.02 | 0.06 | 0.02 | 0.1              | 0.27           | 1.22            |
| 3                    | 0.01 | 0    | 0.10 | 0.03 | 0.14             | 0.28           | 1.17            |
| 4                    | 0.01 | 0    | 0.08 | 0.05 | 0.14             | 0.32           | 1.13            |
| 5                    | 0    | 0    | 0.04 | 0.01 | 0.05             | 0.29           | 1.25            |
| 6                    | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.01 | 0.06             | 0.24           | 1.29            |
| 7                    | 0.04 | 0.01 | 0.07 | 0.02 | 0.14             | 0.2            | 1.25            |
| 平均                   | 0.01 | 0.01 | 0.06 | 0.02 | 0.1              | 0.26           | 1.23            |

表十七：高速下坡行駛，四輪車上 B 點的震動程度面向表

| 扇形區域<br>砂重 (g)<br>次數 | 1    | 2    | 3    | 4    | 灑落圓片內<br>總砂重 (克) | 砂盒內殘餘砂重<br>(克) | 灑落圓片外砂<br>重 (克) |
|----------------------|------|------|------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 1                    | 0.01 | 0.03 | 0.10 | 0.01 | 0.15             | 0.31           | 1.13            |
| 2                    | 0.02 | 0.01 | 0.05 | 0.02 | 0.1              | 0.31           | 1.18            |
| 3                    | 0.01 | 0    | 0.07 | 0.03 | 0.11             | 0.26           | 1.22            |
| 4                    | 0.02 | 0.01 | 0.06 | 0.02 | 0.11             | 0.35           | 1.13            |
| 5                    | 0    | 0.04 | 0.05 | 0    | 0.09             | 0.28           | 1.22            |
| 6                    | 0.04 | 0.03 | 0.11 | 0.07 | 0.25             | 0.24           | 1.10            |
| 7                    | 0.03 | 0.02 | 0.06 | 0.04 | 0.15             | 0.19           | 1.25            |
| 平均                   | 0.02 | 0.02 | 0.07 | 0.03 | 0.14             | 0.28           | 1.18            |

表十八：高速下坡行駛，四輪車上 C 點的震動程度面向表

| 扇形區域<br>砂重 (g)<br>次數 | 1    | 2    | 3    | 4    | 灑落圓片內<br>總砂重 (克) | 砂盒內殘餘砂重<br>(克) | 灑落圓片外砂<br>重 (克) |
|----------------------|------|------|------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 1                    | 0    | 0    | 0.04 | 0.01 | 0.05             | 0.21           | 1.33            |
| 2                    | 0.03 | 0.01 | 0.07 | 0.03 | 0.14             | 0.34           | 1.11            |
| 3                    | 0.01 | 0    | 0.04 | 0.02 | 0.07             | 0.17           | 1.35            |
| 4                    | 0.02 | 0.01 | 0.07 | 0.03 | 0.13             | 0.27           | 1.19            |
| 5                    | 0.01 | 0    | 0.06 | 0.04 | 0.11             | 0.28           | 1.20            |
| 6                    | 0.02 | 0.02 | 0.08 | 0.07 | 0.19             | 0.37           | 1.03            |
| 7                    | 0.12 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.36             | 0.23           | 1               |
| 平均                   | 0.03 | 0.02 | 0.06 | 0.04 | 0.15             | 0.27           | 1.17            |

表十九：高速下坡行駛，四輪車上 D 點的震動程度面向表

| 扇形區域<br>砂重 (g)<br>次數 | 1    | 2    | 3    | 4    | 灑落圓片內<br>總砂重 (克) | 砂盒內殘餘砂重<br>(克) | 灑落圓片外砂<br>重 (克) |
|----------------------|------|------|------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 1                    | 0.03 | 0    | 0.06 | 0.04 | 0.13             | 0.33           | 1.13            |
| 2                    | 0.05 | 0.02 | 0.06 | 0.04 | 0.17             | 0.31           | 1.11            |
| 3                    | 0.03 | 0    | 0.05 | 0.04 | 0.12             | 0.47           | 1.00            |
| 4                    | 0    | 0.03 | 0.07 | 0.04 | 0.14             | 0.5            | 0.95            |
| 5                    | 0.09 | 0.13 | 0.07 | 0.06 | 0.35             | 0.43           | 0.81            |
| 6                    | 0.06 | 0.11 | 0.10 | 0.03 | 0.3              | 0.39           | 0.90            |
| 7                    | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.04 | 0.12             | 0.44           | 1.03            |
| 平均                   | 0.04 | 0.04 | 0.07 | 0.04 | 0.19             | 0.41           | 0.99            |



表二十：高速下坡行駛，四輪車上 E 點的震動程度面向表

| 扇形區域<br>砂重 (g)<br>次數 | 1    | 2    | 3    | 4    | 灑落圓片內<br>總砂重 (克) | 砂盒內殘餘砂重<br>(克) | 灑落圓片外砂<br>重 (克) |
|----------------------|------|------|------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 1                    | 0.11 | 0.09 | 0.09 | 0.06 | 0.35             | 0.22           | 1.02            |
| 2                    | 0.12 | 0.00 | 0.08 | 0.13 | 0.33             | 0.36           | 0.90            |
| 3                    | 0.00 | 0.02 | 0.07 | 0.03 | 0.12             | 0.22           | 1.25            |
| 4                    | 0.00 | 0.07 | 0.08 | 0.01 | 0.16             | 0.51           | 0.92            |
| 5                    | 0.07 | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.17             | 0.32           | 1.10            |
| 6                    | 0.12 | 0.00 | 0.07 | 0.08 | 0.27             | 0.32           | 1.00            |
| 7                    | 0.05 | 0.00 | 0.08 | 0.08 | 0.21             | 0.3            | 1.08            |
| 平均                   | 0.07 | 0.03 | 0.07 | 0.06 | 0.23             | 0.32           | 1.04            |

表二十一：高速下坡行駛，四輪車上 F 點的震動程度面向表

| 扇形區域<br>砂重 (g)<br>次數 | 1    | 2    | 3    | 4    | 灑落圓片內<br>總砂重 (克) | 砂盒內殘餘砂重<br>(克) | 灑落圓片外砂<br>重 (克) |
|----------------------|------|------|------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 1                    | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.19             | 0.48           | 0.92            |
| 2                    | 0.01 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.16             | 0.44           | 0.99            |
| 3                    | 0    | 0    | 0.10 | 0.04 | 0.14             | 0.53           | 0.92            |
| 4                    | 0.06 | 0.10 | 0.07 | 0.12 | 0.35             | 0.5            | 0.74            |
| 5                    | 0    | 0.01 | 0.04 | 0    | 0.05             | 0.37           | 1.17            |
| 6                    | 0.14 | 0.11 | 0.07 | 0.02 | 0.34             | 0.35           | 0.90            |
| 7                    | 0.06 | 0.00 | 0.04 | 0.08 | 0.18             | 0.33           | 1.08            |
| 平均                   | 0.04 | 0.04 | 0.06 | 0.05 | 0.19             | 0.43           | 0.96            |

表二十二：高速下坡行駛，四輪車上 G 點的震動程度面向表

| 扇形區域<br>砂重 (g)<br>次數 | 1    | 2    | 3    | 4    | 灑落圓片內<br>總砂重 (克) | 砂盒內殘餘砂重<br>(克) | 灑落圓片外砂<br>重 (克) |
|----------------------|------|------|------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 1                    | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.03             | 0.42           | 1.14            |
| 2                    | 0.10 | 0.02 | 0.07 | 0.06 | 0.25             | 0.73           | 0.55            |
| 3                    | 0.05 | 0.09 | 0.16 | 0.02 | 0.32             | 0.55           | 0.72            |
| 4                    | 0.02 | 0.00 | 0.09 | 0.05 | 0.16             | 0.49           | 0.94            |
| 5                    | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 0.08             | 0.5            | 1.01            |
| 6                    | 0.06 | 0.14 | 0.15 | 0.02 | 0.37             | 0.56           | 0.66            |
| 7                    | 0.09 | 0.01 | 0.10 | 0.06 | 0.26             | 0.49           | 0.84            |
| 平均                   | 0.05 | 0.04 | 0.09 | 0.03 | 0.21             | 0.53           | 0.84            |

表二十三：高速下坡行駛，四輪車上 H 點的震動程度面向表

| 扇形區域<br>砂重 (g)<br>次數 | 1    | 2    | 3    | 4    | 灑落圓片內<br>總砂重 (克) | 砂盒內殘餘砂重<br>(克) | 灑落圓片外砂<br>重 (克) |
|----------------------|------|------|------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 1                    | 0.06 | 0.06 | 0.17 | 0.02 | 0.31             | 0.59           | 0.69            |
| 2                    | 0.09 | 0.08 | 0.12 | 0.05 | 0.34             | 0.51           | 0.74            |
| 3                    | 0.03 | 0.02 | 0.06 | 0.12 | 0.23             | 0.42           | 0.94            |
| 4                    | 0.07 | 0.05 | 0.13 | 0.12 | 0.37             | 0.65           | 0.57            |
| 5                    | 0.07 | 0.01 | 0.12 | 0.01 | 0.21             | 0.53           | 0.85            |
| 6                    | 0.05 | 0.05 | 0.21 | 0.06 | 0.37             | 0.41           | 0.81            |
| 7                    | 0.02 | 0.00 | 0.07 | 0.04 | 0.13             | 0.37           | 1.09            |
| 平均                   | 0.06 | 0.04 | 0.13 | 0.06 | 0.29             | 0.5            | 0.81            |

表二十四：高速下坡行駛，四輪車上 I 點的震動程度面向表

| 扇形區域<br>砂重 (g)<br>次數 | 1    | 2    | 3    | 4    | 灑落圓片內<br>總砂重 (克) | 砂盒內殘餘砂重<br>(克) | 灑落圓片外砂<br>重 (克) |
|----------------------|------|------|------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 1                    | 0.10 | 0.08 | 0.12 | 0.00 | 0.3              | 0.42           | 0.87            |
| 2                    | 0.10 | 0.03 | 0.13 | 0.11 | 0.37             | 0.56           | 0.66            |
| 3                    | 0.02 | 0.07 | 0.15 | 0.09 | 0.33             | 0.61           | 0.65            |
| 4                    | 0.08 | 0.13 | 0.14 | 0.01 | 0.36             | 0.42           | 0.81            |
| 5                    | 0.03 | 0.02 | 0.11 | 0.12 | 0.28             | 0.41           | 0.90            |
| 6                    | 0.04 | 0.11 | 0.10 | 0.12 | 0.37             | 0.38           | 0.84            |
| 7                    | 0.19 | 0.07 | 0.14 | 0.04 | 0.44             | 0.48           | 0.75            |
| 平均                   | 0.08 | 0.07 | 0.13 | 0.07 | 0.35             | 0.47           | 0.77            |

表二十五：順著坡面行駛，四輪車上 A~I 點上下震動程度一覽表

| 位置<br>砂高度<br>(cm)<br>次數 | A   | B   | C   | D   | E   | F   | G   | H   | I   |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1                       | 1.7 | 1.2 | 1.7 | 3.0 | 3.2 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.6 |
| 2                       | 1.6 | 1.6 | 1.2 | 2.3 | 3.0 | 1.2 | 0.9 | 0.9 | 0.7 |
| 3                       | 1.3 | 1.9 | 1.9 | 1.6 | 2.8 | 2.4 | 1.9 | 1.9 | 1.4 |
| 4                       | 1.6 | 3.9 | 1.7 | 1.6 | 3.0 | 2.4 | 3.8 | 2.0 | 1.8 |
| 5                       | 1.3 | 1.4 | 0.9 | 2.0 | 2.8 | 2.6 | 2.1 | 1.2 | 1.4 |
| 平均                      | 1.5 | 2.0 | 1.5 | 2.1 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 1.4 |

表二十六：高速下坡行駛，四輪車上 A~I 點上下震動程度一覽表

| 位置<br>砂高度<br>(cm)<br>次數 | A   | B   | C   | D   | E   | F   | G   | H   | I   |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 第一次                     | 2.8 | 3.2 | 2.0 | 2.4 | 3.7 | 2.2 | 1.5 | 1.5 | 1.9 |
| 第二次                     | 3.2 | 3.2 | 2.0 | 3.0 | 3.9 | 1.6 | 1.4 | 1.4 | 1.6 |
| 第三次                     | 3.3 | 3.4 | 2.7 | 2.3 | 3.9 | 2.4 | 1.0 | 1.0 | 1.5 |
| 第四次                     | 2.9 | 3.3 | 3.4 | 2.3 | 3.7 | 3.3 | 2.1 | 2.1 | 2.0 |
| 第五次                     | 3.6 | 4.0 | 3.8 | 3.9 | 3.8 | 2.5 | 1.2 | 1.2 | 1.5 |
| 平均                      | 3.2 | 3.4 | 2.8 | 2.8 | 3.8 | 2.4 | 1.4 | 1.4 | 1.7 |

#### (四) 研究發現：

1.將表七~表二十四的數據繪製成 EXCEL 的表格，如下圖 4-13~圖 4-30，發現：

(說明：1.圓餅圖中：■表示灑落圓片外砂重比例；■表示砂盒內殘餘砂重比例；■表示圓片內砂重比例；2.雷達圖中：向度 1、2、3、4 表示扇形區域 1、2、3、4 砂重)

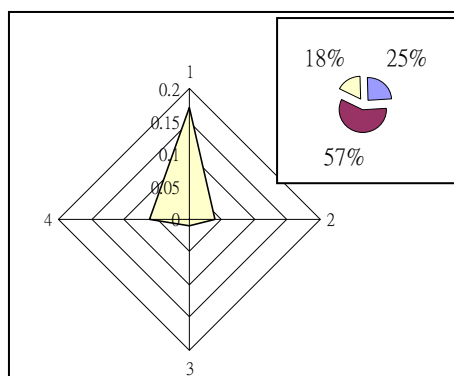


圖 4-13：順著坡面行駛，A 點圖片上細沙分布圖。

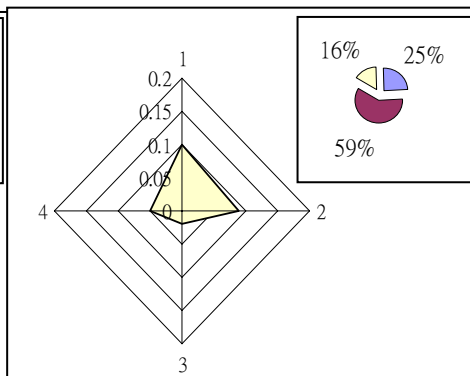


圖 4-14：順著坡面行駛，B 點圖片上細沙分布圖。

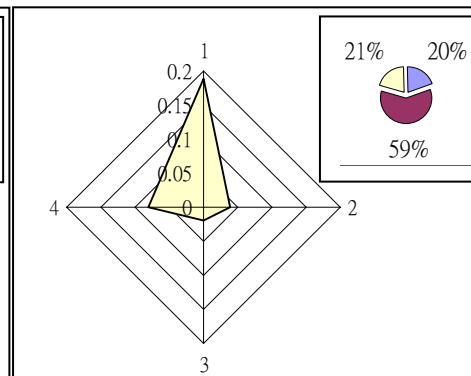


圖 4-15：順著坡面行駛，C 點圖片上細沙分布圖。

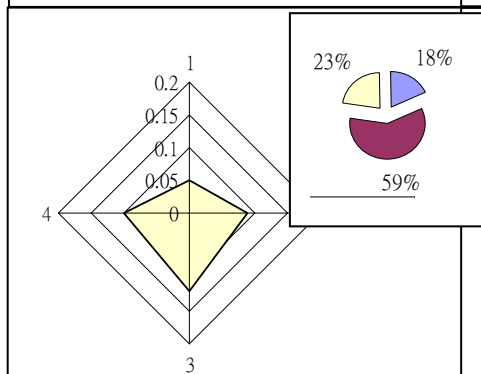


圖 4-16：順著坡面行駛，D 點圖片上細沙分布圖。

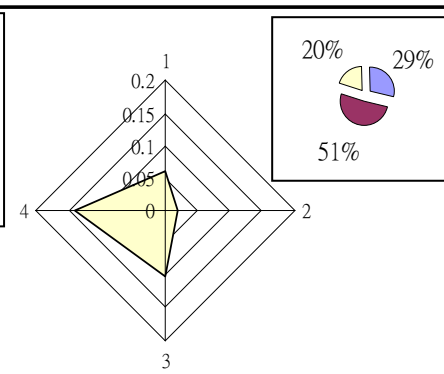


圖 4-17：順著坡面行駛，E 點圖片上細沙分布圖。

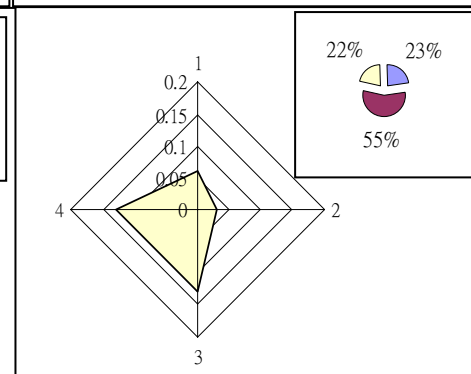


圖 4-18：順著坡面行駛，F 點圖片上細沙分布圖。

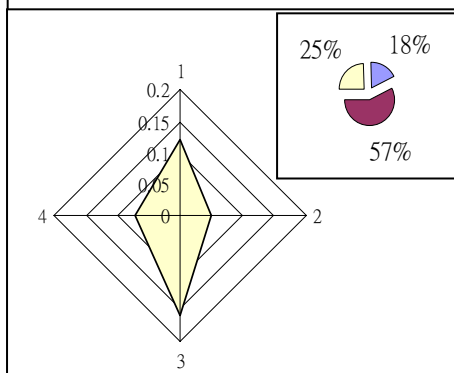


圖 4-19：順著坡面行駛，G 點圖片上細沙分布圖。

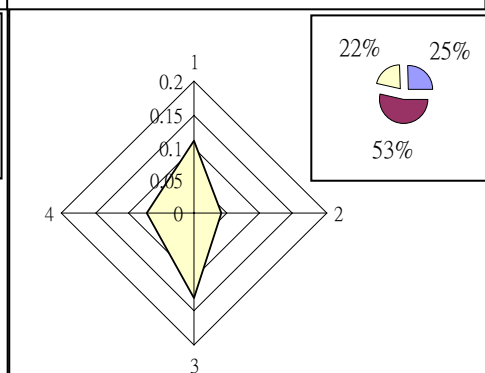


圖 4-20：順著坡面行駛，H 點圖片上細沙分布圖。

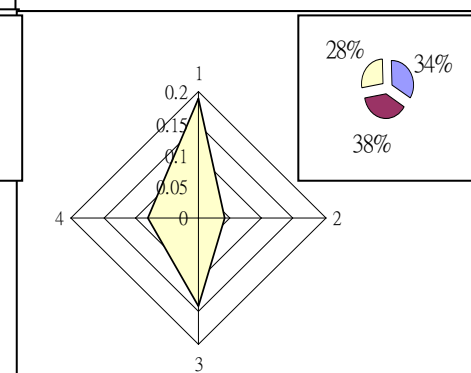


圖 4-21：順著坡面行駛，I 點圖片上細沙分布圖。

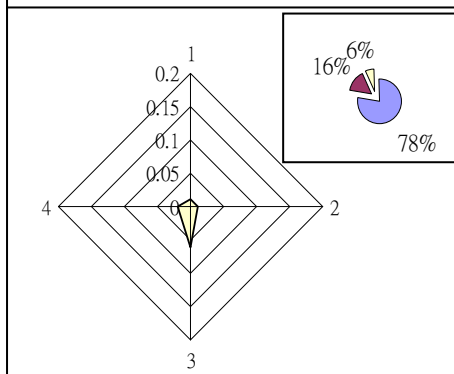


圖 4-22：高速下坡時，A 點圖片上細沙分布圖。

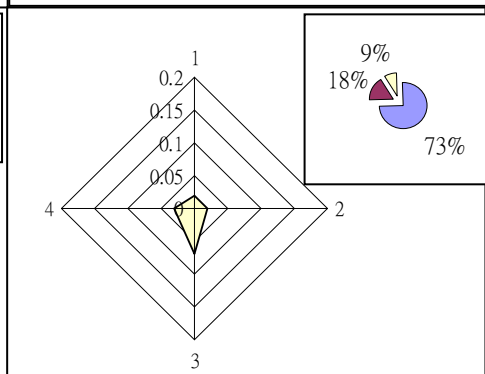


圖 4-23：高速下坡時，B 點圖片上細沙分布圖。

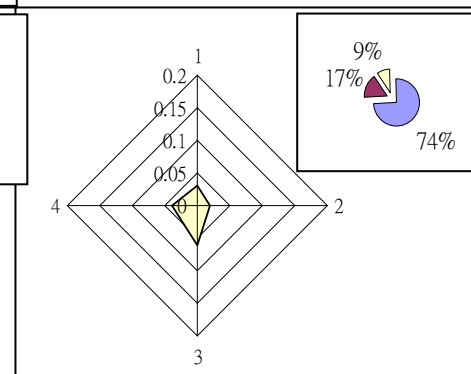
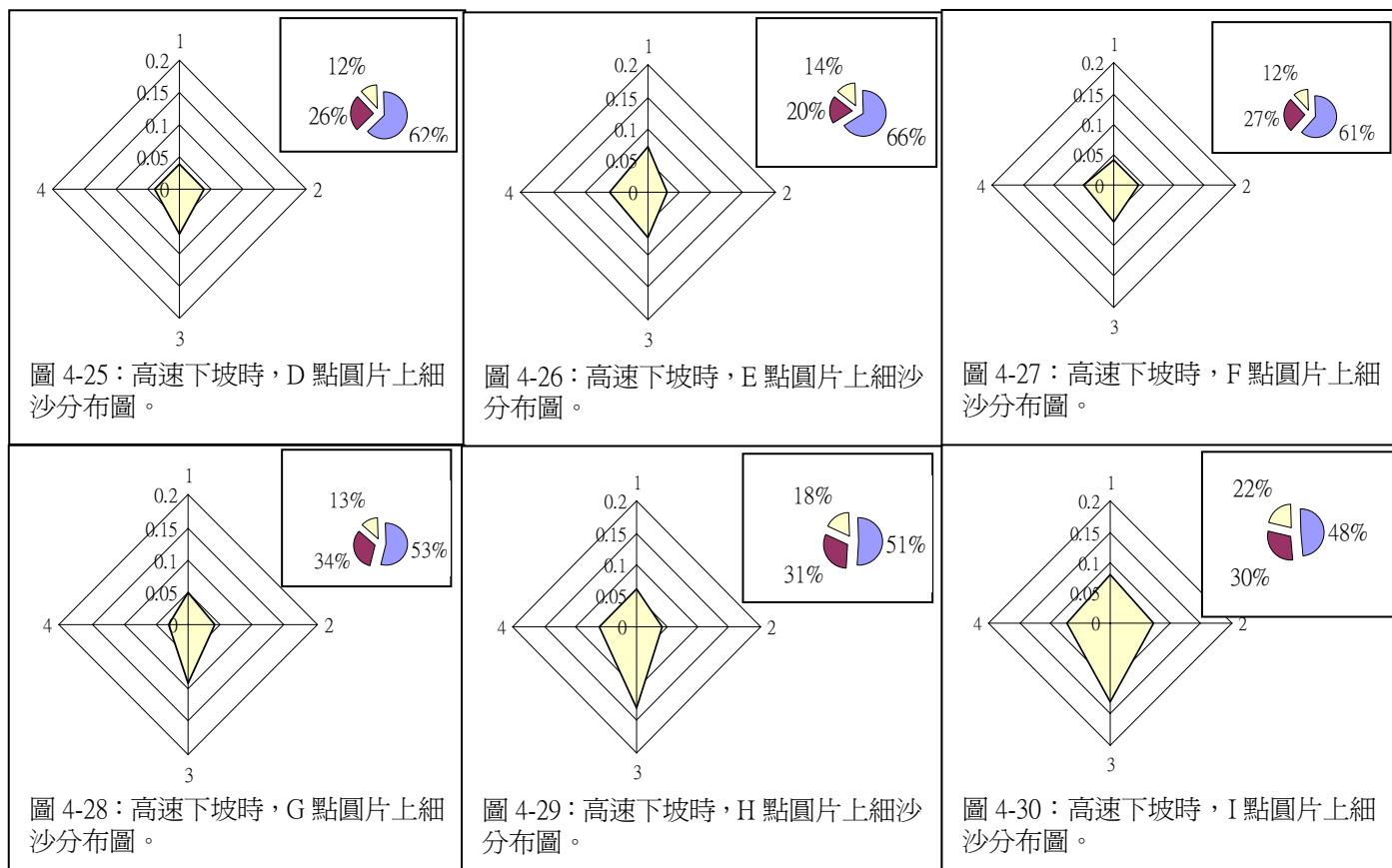


圖 4-24：高速下坡時，C 點圖片上細沙分布圖。



(1) 四輪車順著坡面滑下時：

- ①從雷達圖 4-13~4-15 來看，四輪車前面的 A、B、C 三點，較多往前的震動。
- ②從雷達圖 4-16~4-18 來看，四輪車中間的 D、E、F 三點，較多左右的震動。
- ③從雷達圖 4-19~4-21 來看，四輪車後面的 G、H、I 三點，較多往前、後的震動。
- ④從殘留在砂盒的砂量來看，台車前、中、後的震動程度依序是：後面>中間>前面

(2) 四輪車高速下坡時：

- ①從雷達圖 4-22~4-24 來看，四輪車前面的 A、B、C 三點，較多往後的震動。
- ②從雷達圖 4-25~4-27 來看，四輪車中間的 D、E、F 三點，前、後、左、右的震動較為平均。
- ③從雷達圖 4-28~4-30 來看，四輪車後面的 G、H、I 三點，較多往前、後的震動。
- ④從殘留在砂盒的砂量來看，台車前、中、後的震動程度依序是：前面>中間>後面

(3) 從殘留在砂盒的砂量來看，四輪車高速下坡的震動比順著坡面滑下的震動大很多。

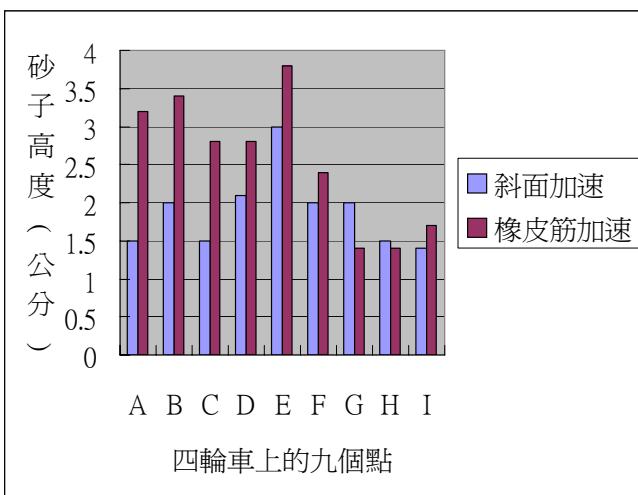


圖 4-31：四輪上九點上下震動比較圖。

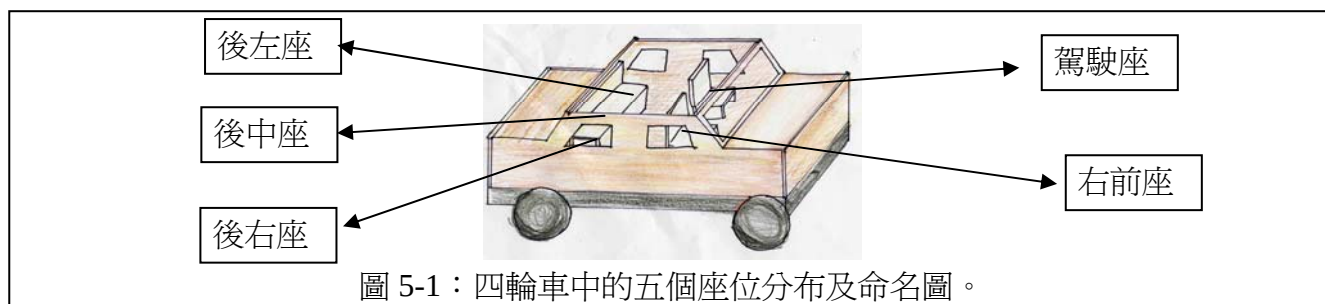
- (1) 總體而言，四輪車高速下坡的上下震動比順著坡面滑下的上下震動大。
- (2) 砂子彈跳高度最高的地方大多在區域 1(面向車頭的位置)。
- (3) 四輪車順著坡面滑下時，以車子的上下平均震動程度依序是：中間 > 前面 > 後面。
- (4) 四輪車高速下坡時，以車子的上下平均震動程度依序是：前面 > 中間 > 後面。

## 五、問題五：車子受到撞擊時，坐在車中每一個位置「乘客」的碰撞情形為何？

### (一) 實驗器材設計

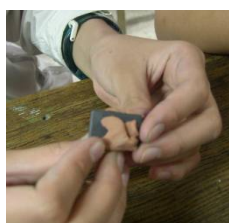
#### 1. 四輪車座位的命名：

接著，我們想了解當汽車受到撞擊時，坐在車子中不同位置的乘客其位移情形為何？為了使實驗更接近真實情境，我們先定義四輪車中五個座位的名稱，如圖 5-1。



#### 2. 車中乘客的設計：

用磁鐵、黏土及鐵絲做成有頭、軀幹、四肢的「乘客」，詳細過程如圖 5-2~圖 5-4 的說明。



◀圖 5-2：用黏土包覆二個方型磁鐵當作「乘客」的軀幹，再用黏土包覆鐵線當做「乘客」的頭、四肢，使其吸附在軀幹的磁鐵上。



◀圖 5-3：用天秤使每個「乘客」的頭、軀幹、四肢都等重。



▲5-4：「乘客」(25 公克)完成圖。



## （二）研究方法

- 1.讓「乘客」依序正坐在四輪車中的五個座位（如圖 5-5），再將四輪車置於 30 度角、60 公分長的斜坡上，四輪車會順著坡面行駛，撞上距離坡底 60 公分處的另一四輪車（如圖 5-6）。車中每個座位都進行三次實驗，觀察並記錄不同座位處「乘客」的左右、前後位移情形（如圖 5-7）。

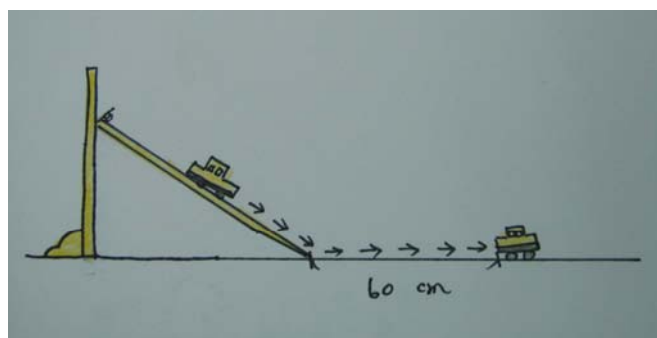
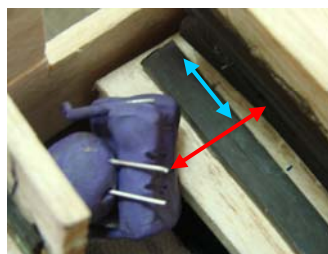


圖 5-6：四輪車順著坡面行駛，撞上距坡底 60 公分處的另一台車。



◀圖 5-5：碰撞前，「乘客」坐在位置上的姿勢。



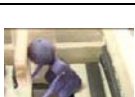
◀圖 5-7：用尺測量撞擊後，「乘客」的左右位移（）及前後位移（）。

- 2.利用實驗三「高速下坡」的運動機制，以依靠橡皮筋的彈力增加四輪車的行駛速度，再進行步驟 1 的實驗及測量。

## （二）研究結果

表二十七：四輪車行駛時，不同座位處「乘客」的位移關係表

| 順坡面下滑 |      |    |          |          |                             | 高速下坡 |      |    |          |        |                        |
|-------|------|----|----------|----------|-----------------------------|------|------|----|----------|--------|------------------------|
| 座位    | 實驗次數 | 照片 | 照片說明     |          |                             | 座位   | 實驗次數 | 照片 | 照片說明     |        |                        |
|       |      |    | 左右位移     | 前後位移     | 詳細情形描述                      |      |      |    | 左右位移     | 前後位移   | 詳細情形描述                 |
| 駕駛座   | 1    |    | 0        | 往前 2cm   | ●身體往前傾。<br>●頭部撞到擋風玻璃。       | 駕駛座  | 1    |    | 往左 0.5cm | 往前 5cm | ●身體掉落在車底。<br>●雙腳與軀幹分離。 |
|       | 2    |    | 0        | 往前 1.6cm | ●身體往前傾，頭部原撞到擋風玻璃，但因受力太大往後彈。 |      | 2    |    | 往左 0.5cm | 往前 4cm | ●身體掉落在車底。<br>●雙腳與軀幹分離。 |
|       | 3    |    | 往左 0.1cm | 往前 1.5cm | ●身體往前傾<br>●頭部撞到擋風玻璃。        |      | 3    |    | 往左 0.5cm | 往前 6cm | ●身體掉落在車底。<br>●頭與軀幹分離。  |

|     |   |                                                                                      |             |             |                                    |
|-----|---|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|------------------------------------|
| 右前座 | 1 |     | 往右<br>0.3cm | 往前<br>4.5cm | ●身體掉落在車底。<br>●左腳掉落，右腳被屁股壓住。        |
|     | 2 |     | 往右<br>0.3cm | 往前<br>4.7cm | ●身體掉落在車底。<br>●左腳掉落。                |
|     | 3 |     | 往右<br>0.3cm | 往前<br>4cm   | ●身體掉落在車底。<br>●雙腳被屁股壓住。             |
| 後左座 | 1 |     | 往左<br>1cm   | 往前<br>2.4cm | ●頭部靠在右前座椅背。                        |
|     | 2 |     | 往右<br>0.6cm | 往前<br>2.7cm | ●頭部撞到駕駛座椅背。                        |
|     | 3 |     | 往右<br>1.8cm | 往前<br>2.8cm | ●身體掉落在車底。<br>●頭部與軀幹距離1.5cm。        |
| 後右座 | 1 |   | 往左<br>0.5cm | 往前<br>2.8cm | ●身體掉落在車底。                          |
|     | 2 |   | 往右<br>0.8cm | 往前<br>1.8cm | ●身體往前傾。<br>●頭部撞到副駕駛座的椅背。           |
|     | 3 |   | 往右<br>0.2cm | 往前<br>2.7cm | ●頭部撞到副駕駛座的椅背。                      |
| 後中座 | 1 |   | 往左<br>1.3cm | 往前<br>2.5cm | ●頭部與軀幹分離。<br>●身體往左前方傾倒。            |
|     | 2 |   | 往左<br>0.5cm | 往前<br>2.5cm | ●身體掉落在車底。<br>●頭部卡在正、副駕駛座的中間。       |
|     | 3 |   | 往右<br>1cm   | 往前<br>2.7cm | ●頭部卡在正、副駕駛座的中間。                    |
| 右前座 | 1 |    | 往右<br>1cm   | 往前<br>4cm   | ●身體掉落在車底。<br>●雙腳與軀幹分離。             |
|     | 2 |    | 往左<br>0.3cm | 往前<br>6cm   | ●身體掉落在車底。<br>●頭、雙腳與軀幹分離。           |
|     | 3 |    | 往右<br>0.5cm | 往前<br>5cm   | ●身體掉落在車底。<br>●雙腳與軀幹分離。             |
| 後左座 | 1 |    | 往左<br>0.5cm | 往前<br>2.8cm | ●頭部與軀幹分離。                          |
|     | 2 |    | 往左<br>0.3cm | 往前<br>2.6cm | ●身體掉落在車底。<br>●頭、雙腳與軀幹分離。           |
|     | 3 |    | 往左<br>0.3cm | 往前<br>3cm   | ●身體掉落在車底。<br>●頭部、雙腳與軀幹分離。          |
| 後右座 | 1 |  | 往左<br>0.3cm | 往前<br>2.5cm | ●身體掉落在車底。<br>●頭部、雙腳與軀幹分離。          |
|     | 2 |  | 往右<br>0.5cm | 往前<br>2.5cm | ●身體掉落在車底。<br>●頭部、雙腳與軀幹分離。          |
|     | 3 |  | 往右<br>0.3cm | 往前<br>3cm   | ●身體掉落在車底。<br>●頭部、四肢與軀幹分離。          |
| 後中座 | 1 |  | 往左<br>0.9cm | 往前<br>3.5cm | ●身體掉落在車底。<br>●頭部、雙腳與軀幹分離，且頭卡在兩前座間。 |
|     | 2 |  | 往右<br>0.2cm | 往前<br>3.1cm | ●身體掉落在車底。<br>●頭部、雙腳與軀幹分離。          |
|     | 3 |  | 往右<br>0.2cm | 往前<br>2.8cm | ●身體掉落在車底。<br>●頭卡在兩前座間。             |

### (三) 研究發現

1.將表二十七的數據繪製成 EXCEL 的表格，如下圖 5-8~圖 5-9，發現：

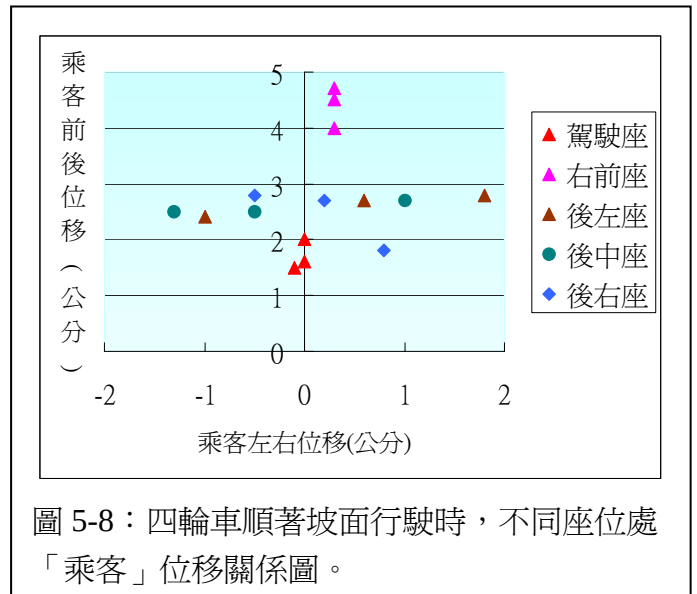


圖 5-8：四輪車順著坡面行駛時，不同座位處「乘客」位移關係圖。

- (1) 四輪車行駛受撞擊時，不同座位處「乘客」前後平均位移依序是：右前座>後左座=後中座>後右座>駕駛座。其中，最大前後位移是 4.7 公分。
- (2) 駕駛座「乘客」受撞擊時，頭部容易撞到擋風玻璃，而使頭部受傷，位移較小。
- (3) 右前座「乘客」受撞擊時，身體容易向前衝，且掉落於地面，所以雙腳容易掉落和損傷。
- (4) 後左座、後右座「乘客」受衝擊，身體往前傾時，頭部也跟著往前傾，造成頭部撞到駕駛座椅背。
- (5) 後中座「乘客」受到衝擊時，身體往前傾，而使整顆頭卡在駕駛座和右前座的中間。

2.將表十四的數據繪製成 EXCEL 的表格，如下圖 5-9，發現：

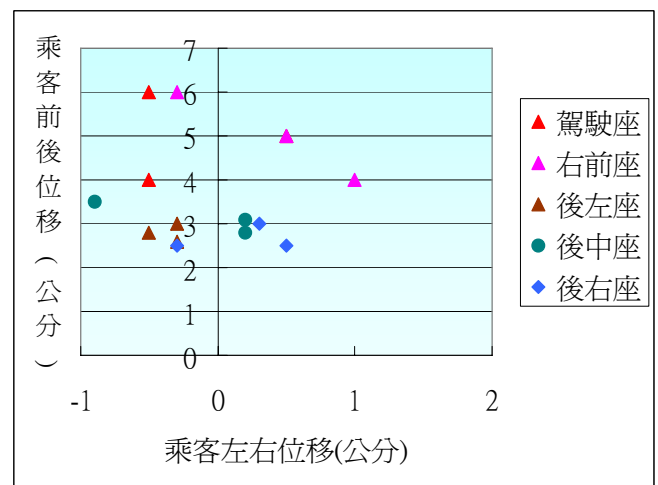


圖 5-9：四輪車高速下坡時，不同座位處「乘客」位移關係圖。

- (1) 四輪車增速行駛受到撞擊時，不同座位處「乘客」的前後平均位移依序是：駕駛座=右前座>後中座>後左座>後右座。其中，最大前後位移是 6 公分。
- (2) 四輪車高速下坡受撞擊時，不論哪個位置「乘客」都很危險，不僅「乘客」的身體離開座位，他們的頭部、四肢也容易與軀幹分離。
- 3.不論四輪車是否增速，不同位置「乘客」其左右位移都不大，大約介於左右各 1 公分之內。
- 4.四輪車增速行駛時，「乘客」的位移情形及身體各部的錯動情形較為嚴重。

## 六、問題六：車子受到撞擊，車頭加裝保護裝置能減少「乘客」的位移情形嗎？

### (一) 研究方法

- (1)在車頭加一個 6 公分寬、10 公分長、2 公分厚海綿(如圖 6-1)。
- (2)讓「乘客」依序坐在四輪車中駕駛座、右前座、後左座、後中座、後右座，將四輪車從 30 度角、60 公分長的斜坡上滑下，撞上距離坡底 60 公分處的另一四輪車，觀察並記錄不同座位處「乘客」的位移情形。
- (3)利用實驗三「高速下坡」的運動機制，以依靠橡皮筋的彈力增加四輪車的行駛速度，再進行步驟(2)的實驗及測量。

### (二) 研究結果



圖 6-1：四輪車頭加裝海綿。

表二十八：車頭加保護裝置行駛時，不同座位處「乘客」位移關係表

| 座位  | 實驗次數 | 說明   |      |            |
|-----|------|------|------|------------|
|     |      | 左右位移 | 前後位移 | 詳細情形描述     |
| 駕駛座 | 1    | 0    | 0    | ●頭稍微向前傾斜   |
|     | 2    | 0    | 0    | ●頭稍微向前傾斜   |
|     | 3    | 0    | 0    | ●頭稍微向前傾斜   |
| 右前座 | 1    | 0    | 0    | ●頭稍微向前傾斜   |
|     | 2    | 0    | 0    | ●頭稍微向前傾斜   |
|     | 3    | 0    | 0    | ●頭稍微向前傾斜   |
| 後左座 | 1    | 0    | 0    | ●頭稍微向前傾斜   |
|     | 2    | 0    | 0    | ●頭稍微向前傾斜   |
|     | 3    | 0    | 0    | ●頭稍微向前傾斜   |
| 後右座 | 1    | 0    | 0    | ●頭稍微向前傾斜   |
|     | 2    | 0    | 0    | ●「乘客」身體無移動 |
|     | 3    | 0    | 0    | ●「乘客」身體無移動 |
| 後中座 | 1    | 0    | 0    | ●「乘客」身體無移動 |
|     | 2    | 0    | 0    | ●「乘客」身體無移動 |
|     | 3    | 0    | 0    | ●「乘客」身體無移動 |

表二十九：車頭加保護裝置高速下坡時，不同座位處「乘客」位移關係表

| 座位  | 實驗次數 | 照片說明        |              |             |
|-----|------|-------------|--------------|-------------|
|     |      | 左右          | 前後           | 詳細情形描述      |
| 駕駛座 | 1    | 往右<br>0.5cm | 往前<br>1 cm   | ●上半身稍微向前傾斜  |
|     | 2    | 0           | 往前<br>0.5 cm | ●上半身稍微向前傾斜  |
|     | 3    | 0           | 往前<br>0.5 cm | ●上半身稍微向前傾斜  |
| 右前座 | 1    | 0           | 0            | ●上半身稍微向前傾斜  |
|     | 2    | 0           | 0            | ●頭部往前傾      |
|     | 3    | 0           | 0            | ●頭稍微向前傾斜    |
| 後左座 | 1    | 0           | 0            | ●頭稍微向前傾斜    |
|     | 2    | 0           | 0            | ●上半身稍微向前傾斜  |
|     | 3    | 0           | 0            | ●頭部、上半身往前傾  |
| 後右座 | 1    | 0           | 0            | ●「乘客」身體沒有移動 |
|     | 2    | 0           | 0            | ●頭稍微向前傾斜    |
|     | 3    | 0           | 0            | ●頭稍微向前傾斜    |
| 後中座 | 1    | 0           | 0            | ●頭部往前傾      |
|     | 2    | 0           | 0            | ●「乘客」身體無移動  |
|     | 3    | 0           | 0            | ●「乘客」身體無移動  |



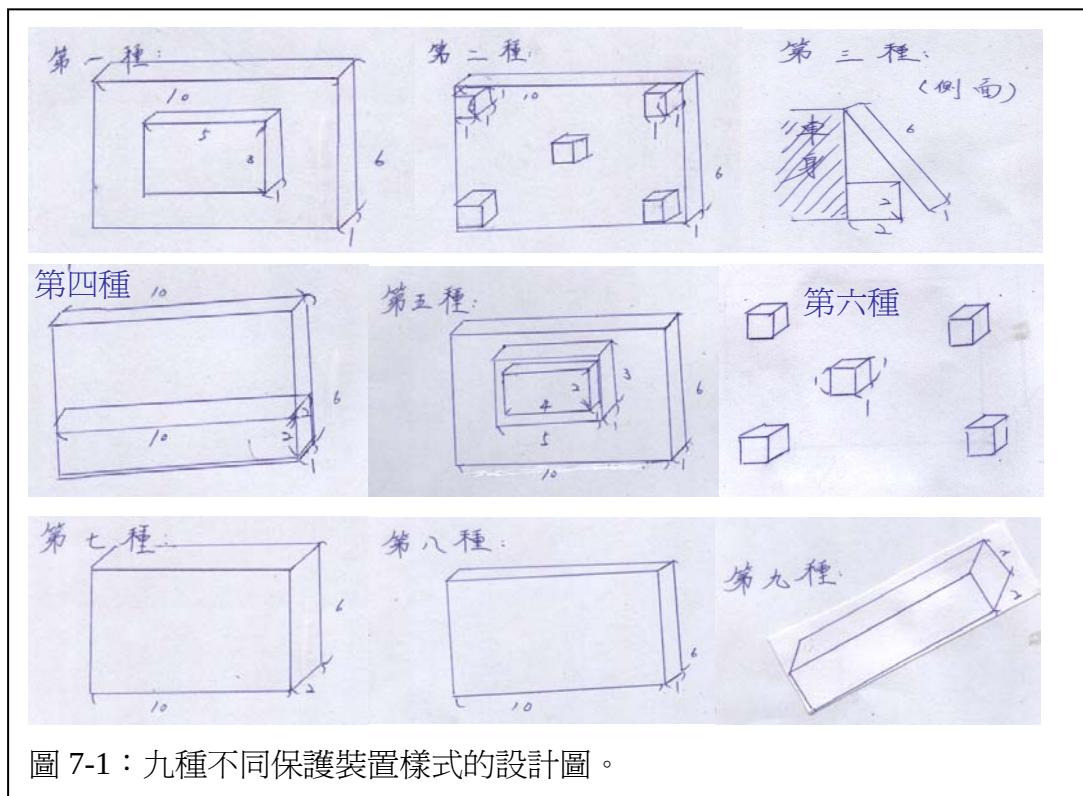
### （三）研究發現

- （1）當車頭加海綿當作保護裝置，行駛中受撞擊時，不論哪個位置「乘客」都沒有產生位移，只有頭部稍向前傾斜。這表示車頭加海棉可以減輕撞擊的力量，讓「乘客」的位移減少。
- （2）當四輪車頭加裝海綿當作保護裝置，增速行駛中受到撞擊時，駕駛座的「乘客」發生往前的平均位移約 0.6 公分，其他位置的「乘客」都沒有產生位移。
- （3）當四輪車頭加裝海綿當作保護裝置，增速行駛中受到撞擊時，所有位置的「乘客」上半身都往前傾斜。
- （4）不論四輪車是否增速行駛，受到撞擊時，每一個位置的「乘客」幾乎沒有位移，顯然保護裝置已發揮保護效果。

## 七、問題七：保護裝置的樣式對被撞四輪車滑行距離的影響？

### （一）實驗器材設計

設計九種不同保護裝置的樣式（如圖 7-1），每種樣式分別剪裁海綿及矽膠材質各一份。



### （二）研究方法

將裁切好的海綿及矽膠材質的九種樣式，貼在四輪車的車頭，駕駛座置一「乘客」，將四輪車從 30 度角、60 公分長的斜坡上滑下，撞上距離坡底 60 公分處的另一台車，觀察並記錄受撞台車的滑行距離，以及「乘客」的位移情形。

### (三) 研究結果

表三十：車頭加裝海綿材質的九種樣式與被撞前車滑行距離關係表

| 樣式編號<br>滑行距離(cm)<br>次數 | 一    | 二    | 三    | 四    | 五   | 六    | 七     | 八    | 九     |
|------------------------|------|------|------|------|-----|------|-------|------|-------|
| 1                      | 72   | 64   | 81   | 87   | 120 | 48   | 111   | 90   | 119   |
| 2                      | 74   | 66   | 82   | 93   | 114 | 53   | 118   | 85   | 122   |
| 3                      | 68   | 59   | 82   | 92   | 120 | 54   | 96    | 85   | 124   |
| 平均                     | 71.3 | 63.7 | 81.7 | 90.7 | 118 | 51.7 | 108.3 | 86.7 | 121.7 |
| 乘客位移                   | 無    | 無    | 無    | 無    | 無   | 無    | 無     | 無    | 無     |

表三十一：車頭加裝矽膠材質的九種樣式與被撞前車滑行距離關係表

| 樣式編號<br>滑行距離(cm)<br>次數 | 一    | 二    | 三     | 四    | 五  | 六    | 七    | 八    | 九  |
|------------------------|------|------|-------|------|----|------|------|------|----|
| 1                      | 60   | 50   | 65    | 68   | 72 | 74   | 81   | 81   | 83 |
| 2                      | 53   | 51   | 68    | 67   | 72 | 76   | 80   | 85   | 79 |
| 3                      | 60   | 48   | 64.5  | 59   | 72 | 71   | 86   | 82   | 81 |
| 平均                     | 57.7 | 49.7 | 65.83 | 64.7 | 72 | 73.7 | 82.3 | 82.7 | 81 |
| 乘客位移                   | 無    | 無    | 無     | 無    | 無  | 註    | 無    | 無    | 無  |

(註：1、位移---前 0.5 cm，左 1.1 cm；2、位移---前 0.2 cm，左 0 cm、頭落下；  
3、位移---前 0.4 cm，左 1 cm)

### (四) 研究發現

- 1.當裝上保護裝置的四輪車撞到另一台車時，發現裝有矽膠材質的四輪車撞到前車時，前車的位移減少了 5~20 公分。推論是因矽膠材質較特別，雖然材質較軟、較容易凹陷，但反彈回來的速度較慢，使得前車滑行較短的距離。這樣一來，可以同時保障兩台四輪車上「乘客」的安全。
- 2.保護裝置的面積越大，厚度越厚，被撞車輛的滑行距離會越大。但接觸面太小，受到撞擊時，矽膠凹陷，車殼也會相撞，減少「乘客」的保障。
- 3.雙層海綿或矽膠的設計中，第一層的面積越小所達到的效果最好（如保護裝置第二款的設計），撞擊時，二層保護裝置可以先後吸收並分散撞擊能量，使得前車的位移最小。



## 柒、結論

### 一、在坡面的環境中，四輪車如何行駛得更平穩更安全：

- (一) 當坡度小於或等於 45 度時，四輪車可以行駛得非常平穩；當斜坡的角度大於 50 度時，四輪車在下坡時會發生彈跳，導致行駛角度的偏移。坡度愈大，車子撞擊到地面的力越大，因撞擊力的反力，車子必減速（如圖 7-2）。坡度越大，行駛所偏移的角度也越大。在台灣各地常可見到許多陡坡（如圖 7-3），建議駕駛者開車從斜坡要下到地面時，記得減速以減少撞擊力，以免發生危險。若求快不減速，遇到坡底的撞擊力不僅車子速度會變慢，還可能發生更危險的彈跳情形呢！



圖 7-3：花蓮海洋公園旁的小徑

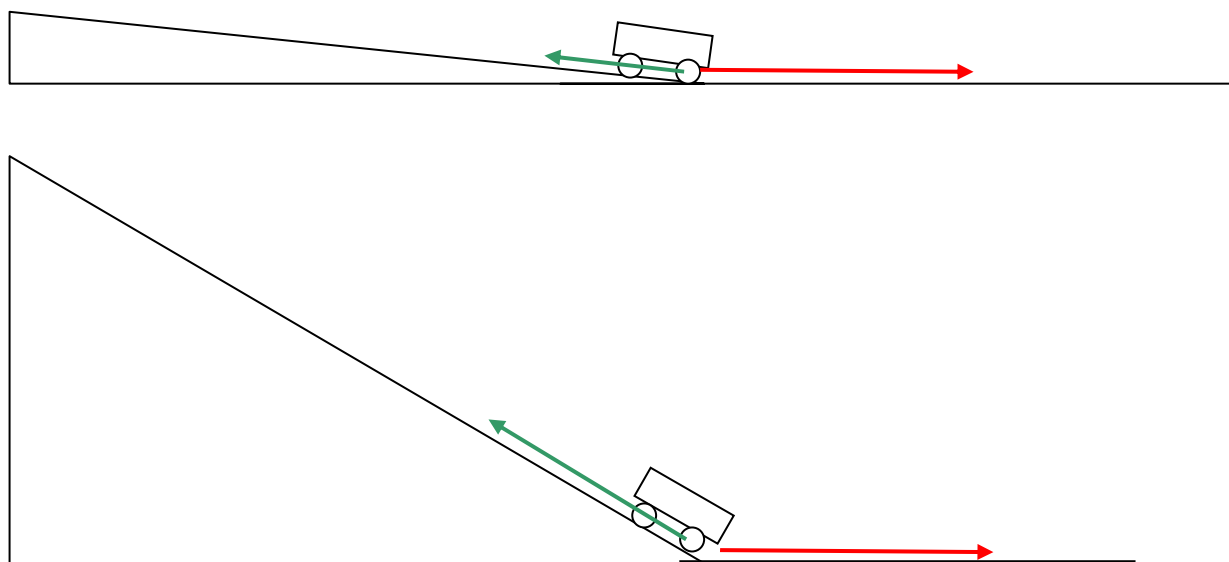


圖 7-2：四輪車行駛到坡底時，坡度越大，撞擊力的反力越大，車子必減速。

- (二) 當坡度由 0 度增至 45 度時，角度越大，四輪車可以滑行的距離越遠；當坡度大於 45 度時，角度越大，四輪車可以滑行的距離會逐漸減少。
- (三) 坡度固定，增加四輪車的重量，的確可以使行駛時偏移角度減少，但重量超過一定值時，行駛時角度偏移會突然增大，這說明車子增重雖然可以行駛得更平穩，但一旦超重也會非常危險。
- (四) 雖然增重能減少四輪車行駛時的偏移角度，但坡度越大，想要讓四輪車行駛時的偏移角度越小，增重幅度卻越小。例如：當斜坡的角度為 50 度，四輪車上的砝碼增至 550 克時，行駛的偏移角度最小；當斜坡的角度為 55 度，四輪車上的砝碼增至 250 克時，行駛的偏移角度最小；當斜坡的角度為 60 度，四輪車上的砝碼增至 150 克時，行駛的偏移角度最小。

## 二、四輪車在行駛或受到撞擊時，「乘客」要怎麼坐更安全：

- (一) 在台車上依據空間平均分配原則設定 A~I 九個點，利用「第二代搖晃儀」測量車子行駛時九個點的上下、左右、前後晃動程度，發現四車輪高速下坡時的震動程度比順著坡面滑行的震動程度大。順著坡面行駛時，車後方的震動程度較小；但是高速下坡時，車前方的震動程度反而較大（如圖 7-4）。

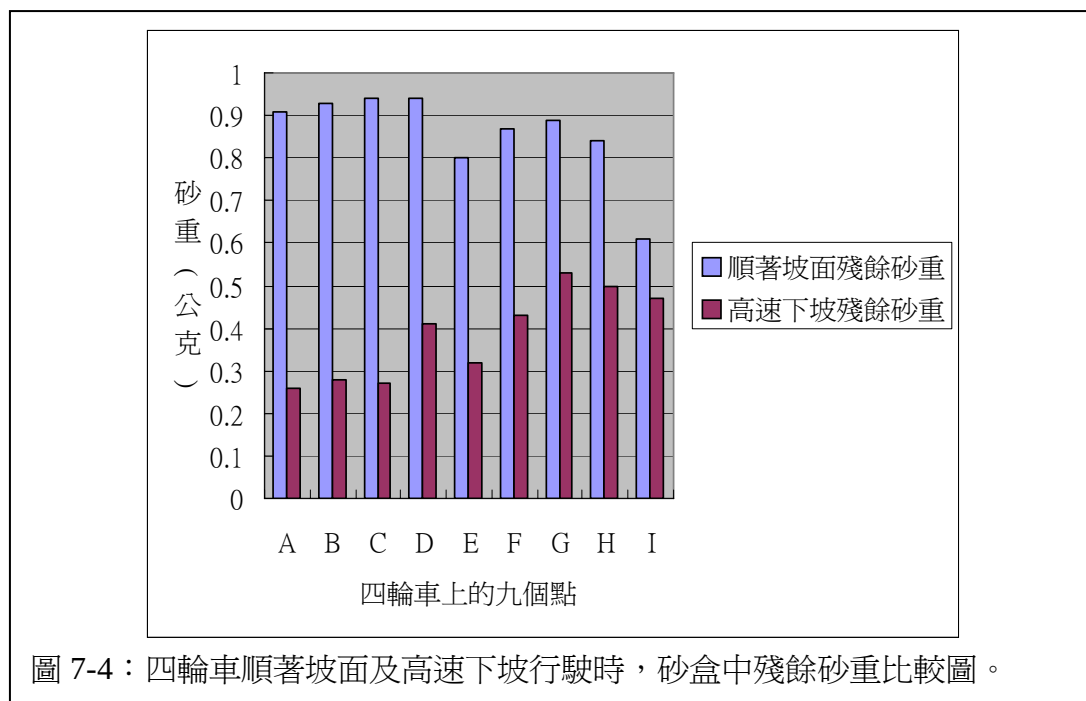


圖 7-4：四輪車順著坡面及高速下坡行駛時，砂盒中殘餘砂重比較圖。

- (二) 右前座的「乘客」位移最嚴重，後座的「乘客」位移情形較小。這與交通部規定年齡十二歲以下或體重三十六公斤以下的幼兒或兒童，應坐於車輛後座並使用安全帶的規定不謀而合，目的在於維護「乘客」的安全。
- (三) 不論四輪車是否增速行駛，受到撞擊時，「乘客」都會往前傾倒，也就是「乘客」在運動或靜止均具有維持其原有運動狀態的特性，而這也正符合牛頓第一運動定律的慣性定律。
- (四) 四輪車頭加裝保護裝置，確實降低車輛受到撞擊時「乘客」的位移情形，因為有彈性的海綿或矽膠受到撞擊時會產生形變，此形變吸收了撞擊能量，阻止撞擊能量傳遞給車上的「乘客」，因而維護了「乘客」的安全。也就是說，當車子受到撞擊而產生凹毀或形變，其實是車體吸收了部份的撞擊能量，才不會使「乘客」受到更大的傷害，但是現實生活中，有許多駕駛者為了保護車體因撞擊而造成的損毀，而加裝前後防撞桿，但車子加裝了堅固又大的防撞桿，不僅對「乘客」沒有多一層保障，反而會造成更大的傷害。不過，保護裝置所吸到的撞擊能量，卻可能經由海綿或矽膠反傳遞到被撞擊的另一台車，使其滑行距離更遠，為減少此情形，可以藉由設計雙層保護裝置來改善。

## 捌、未來展望

- 一、實驗中，我們發現四輪車頭加裝保護裝置，能確實減低「乘客」受到撞擊時的位移情形，也發現另一車輛也會滑行，我們推論是因保護裝置的形變吸收了撞擊能量，又將能量傳遞給被撞擊的另一車輛，轉變成動能。若有機會，我們希望能繼續研究此一現象，深入探究能量的傳遞對於兩台車上「乘客」的影響。
- 二、希望將實驗用四輪車的車輪加上胎皮，以模擬更真實的駕駛環境。
- 三、從實驗中發現，四輪車從坡面行駛到地面時，會發生彈跳情形，坡度越大，彈跳情形越明顯，因此我們設想若改善坡面與地面的接觸角成一曲面（如圖 7-5），應能改善此彈跳情形，我們將繼續進行研究，以解開心中的疑惑。

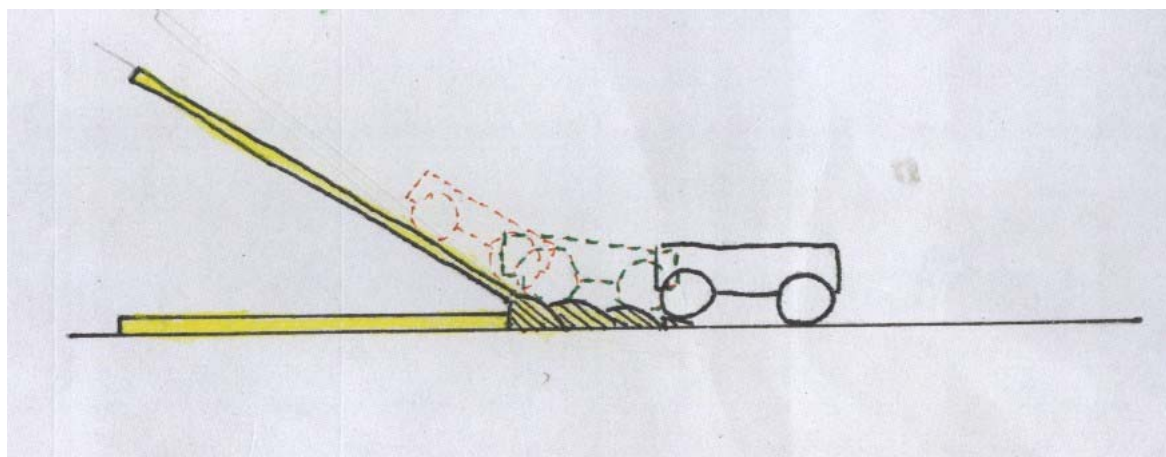


圖 7-5：改善坡面與地面的接觸角成一曲面。

- 四、進行本研究的過程中，我們透過實驗更了解複雜物理系統中的簡單原則，不僅讓我們感受科學的迷人之處，也更能享受學習科學的樂趣。

## 玖、參考資料

- 一、自然與生活科技（民 94）。台北市：牛頓。
- 二、小牛頓科學百科（民 85）。台北市：牛頓。
- 三、輪子的本事（民 78）。台北市：華一書局。
- 四、速度的故事（民 80）。台北市：謙謙出版社。
- 五、容易混淆的物理觀念（民 80）。台北市：謙謙出版社。
- 六、觀念物理 I（民 93）。台北市：天下遠見出版股份有限公司。

【評語】 081505 快樂向前「行」

1. 有關振動的實驗器材有創意。
2. 研究目的與研究方向，內容不符。
3. 能測試各項變因，這很不錯，但要注意研究設計應有系統化。
4. 整體的團隊表現極佳，值得鼓勵。