

# 屏東縣第 63 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：牛頓跑車 GO GO GO ～ 重力小車移動距離之探討

關 鍵 詞：重力小車、重力、位能、摩擦力

編號：A2013

# 牛頓跑車 GO GO GO～重力小車移動距離之探討

## 摘要

本研究主要探討影響重力小車移動距離的因素，以 PP 塑膠瓦楞板為車身主體，運用重物的重力位能轉變成滑繩的拉力，使車軸轉動，帶動重力小車移動前進。

研究發現，影響重力小車移動距離較明顯的因素有「重物重量」、「重物高度」、「車輪大小」、「車身重量」、「滑繩材質」和「車道材質」等，其中，以「車輪大小」的影響最為顯著，是所有變項中能讓小車移動距離最遠的。此外，因重物的重力位能提供小車前進的動力，所以懸吊較重或較高的重物能使小車移動較遠的距離。而連接重物與車軸的滑繩也很重要，具彈性延展的滑繩材質能使小車移動較遠的距離。不過，當車身重、車道粗糙不平整會讓小車前進時遇到較大摩擦力，前進距離相對少了很多。

## 壹、研究動機

還記得四年級自然課「有趣的力」單元，透過推硬幣、橡皮筋受力實驗讓我們驗證物體受力後會改變型態或方向，也發現力可以使靜止的物體動起來，而生活中也有許多例子，像套圈圈、射飛鏢、投籃、踩鐵罐、捏陶土等，都是常見的力的作用。不過，當我們看到同學組裝木製重力小車的模型，發現只要把重物拉升至高處，放開手之後，重物的重力作用就會使得車子前進，讓我們覺得很神奇，原來除了磁力外，重力也能使物體在不直接接觸的情況下使靜物移動。老師見我們如此好奇，鼓勵我們自己動手做做看，因此，我們決定將重力小車改良，結合固定式車架，運用重力吊墜下落的重力轉化為小車的動力，來拉動小車向前運動，並設計不同變項來進行實驗，試試哪一種方法可以讓重力小車移動距離最遠。

## 貳、研究目的

- 一、探討不同重物重量對重力小車移動距離的影響。
- 二、探討不同重物高度對重力小車移動距離的影響。
- 三、探討不同滾軸表面粗細對重力小車移動距離的影響。
- 四、探討不同車輪大小對重力小車移動距離的影響。
- 五、探討不同車身重量對重力小車移動距離的影響。
- 六、探討不同滑繩材質對重力小車移動距離的影響。
- 七、探討不同車道材質對重力小車移動距離的影響。

## 參、研究設備與器材



文公尺



電子秤



PP 塑膠瓦楞板



大螺帽(平均 23.3 克/個)



小螺帽(平均 15.6 克/個)



飛機木



剪刀



美工刀



木柄尖錐



熱熔槍



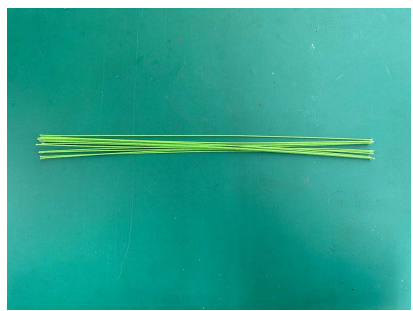
熱熔膠條



鐵尺



鐵絲



細鐵絲



吸管



B4 影印紙



小鐵圈



雙面膠





透明膠帶



塑膠輪



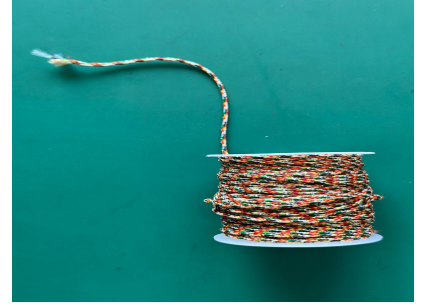
塑膠瓶蓋



玉線



棉線



五色線



臘線



魚線



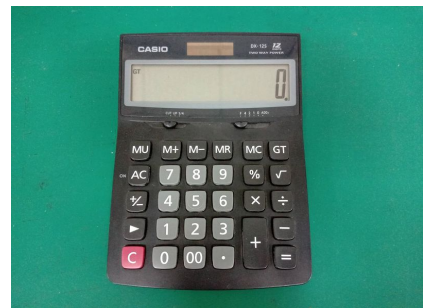
彈力繩



苧麻線



麻線



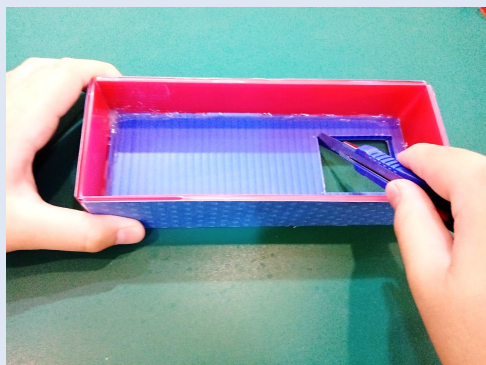
計算機

## 肆、研究過程與方法

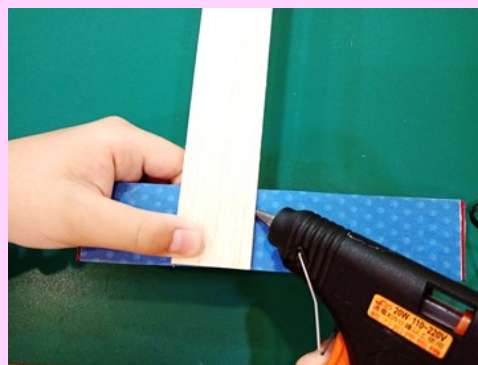
### 一、 實驗裝置：

#### (一) 重力小車製作方法：

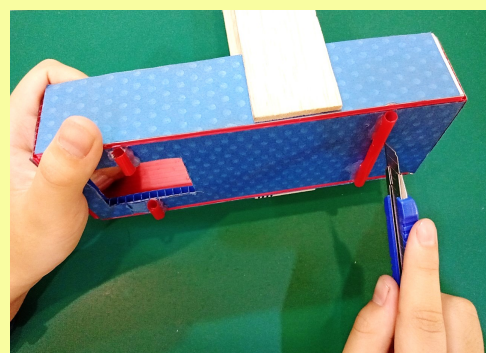
1. 以 PP 塑膠瓦楞板為長方體重力小車的車身主體，用熱熔槍將接合處固定，並在底部切割出一個長 5 公分、寬 4 公分的長方形空間，以便裝入車軸。



2. 裁切長 52 公分、寬 5 公分的飛機木 2 片，用熱熔槍採直立方式固定黏牢在重力小車的左右兩邊外側，作為車架使用。



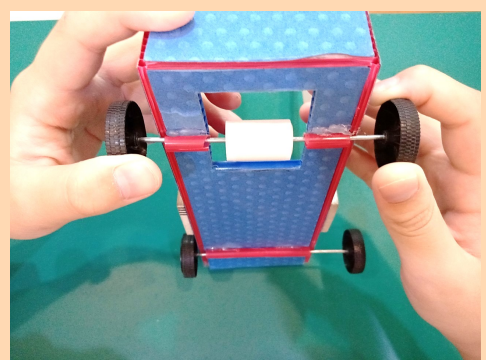
3. 在小車底部黏上吸管，並以熱熔槍固定，接著用美工刀將吸管割開，以方便實驗時更換車軸。



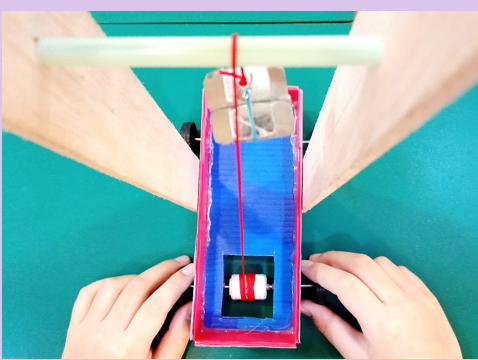
4. 將 B4 影印紙裁切數條寬 2 公分的紙條，先將紙條黏在鐵絲中間，數張紙條纏繞鐵絲做出半徑 1 公分的紙捲車軸。



5. 將 2 個塑膠輪裝在鐵絲兩側，另取 2 個塑膠輪裝在有紙捲車軸的鐵絲上，嵌入吸管作為重力小車的車輪組。

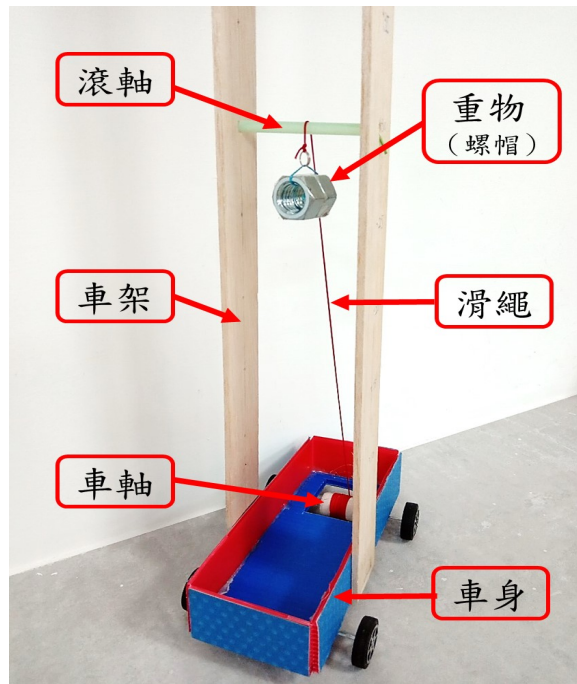


6. 取 120 公分長的玉線，一端固定在紙捲車軸處，另一端綁上小鐵圈，套入綁好的螺帽，實驗裝置就完成囉！



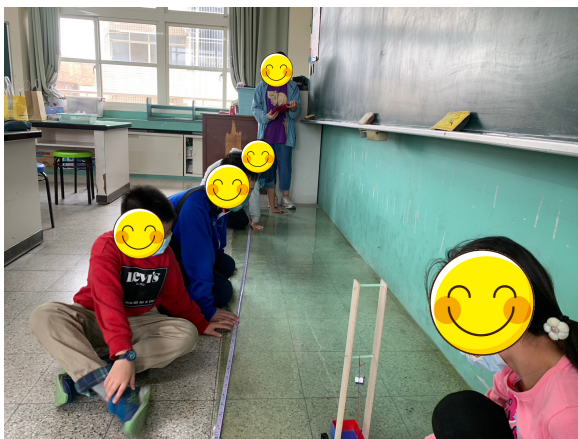


(二) 重力小車結構名稱：



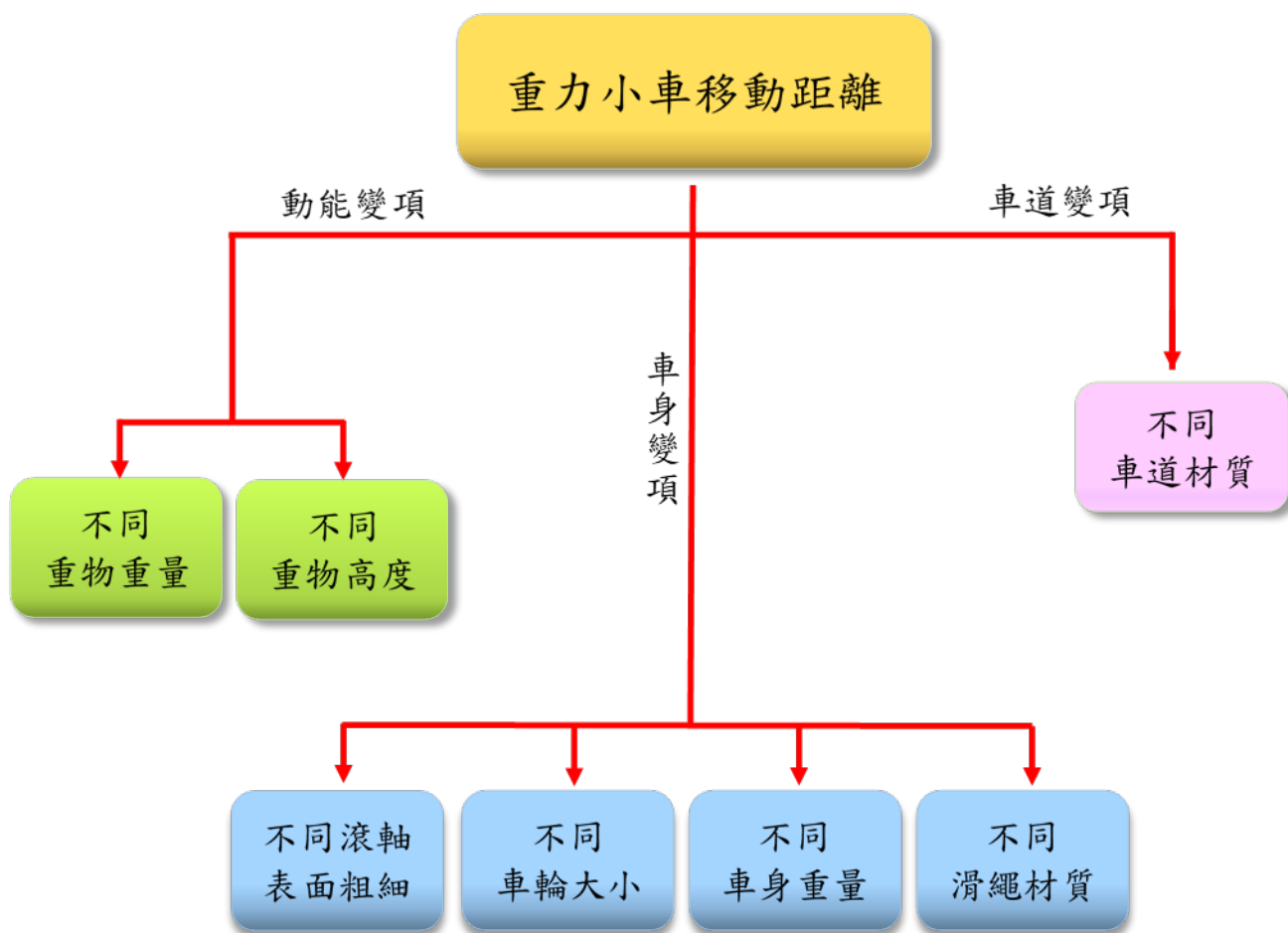
(三) 重力小車移動測量方式：

我們將塑膠墊鋪在教室地板上，在重力小車滑繩鐵圈掛上 2 個螺帽當重物，接著轉動車軸，透過滑繩拉升重物螺帽至車架 30 公分處，並調整螺帽位置在滾軸的中間。接著在塑膠墊上標記起點線位置，車頭對齊起點線，放開車身，使其平穩前進，直到完全停下來後，測量車頭從起點到終點之間的距離並記錄下來。



#### (四) 研究流程：

重力小車會因於重物（螺帽）受到地球引力的作用，使得螺帽垂直掉落，而在下降的過程中，重物的重力位能轉變成滑繩的拉力，使小車的車軸得到轉動的動力，車軸帶動輪子，讓重力小車移動前進。因此，根據研究目的，我們將實驗的分成「動能」、「車身」及「車道」三個主要變項。首先，重力小車以螺帽吊墜下落的重力轉化為小車的動力，因此，我們試著改變「重物重量」及「重物高度」，以觀測動能對小車的影響。接著，透過車身相關配備的調整，測試不同的「滾軸表面粗細」、「車輪大小」、「車身重量」及「滑繩材質」等車身變項是否會影響重力小車前進的距離。最後，在校園選定幾種不一樣材質的桌面、地面作為小車前行的車道，比較不同車道材質對重力小車移動距離的影響。



#### 二、 實驗過程與討論：

依據研究目的及實驗流程規畫，我們依序進行七個實驗，並將過程與討論記錄下來，內容摘錄如下：



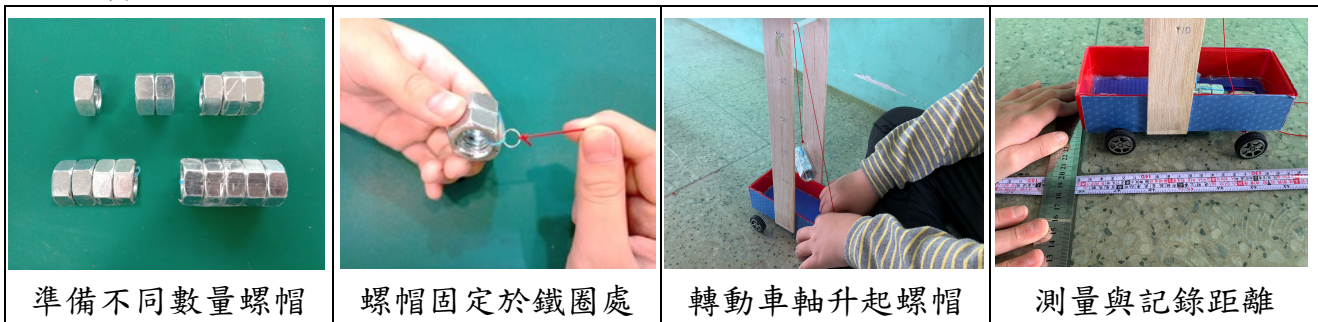
## 研究一：不同重物重量對重力小車移動距離的影響？

不同重物重量會影響重力小車向前移動的距離嗎？我們準備了大小相同的螺帽當重物，以「1 個、2 個、3 個、4 個、5 個」等不同數量的螺帽重量來比較重力小車的移動距離。

### 一、實驗步驟

- (1) 準備不同數量螺帽當作重物，用棉線綁住螺帽，勾在重力小車滑繩鐵圈處。
- (2) 轉動車軸，透過滑繩拉升螺帽至 30 公分高的位置，並調整螺帽位置在滾軸的中間。
- (3) 在塑膠墊上標記起點線位置，車頭對齊起點線，放開車身，使其平穩前進，並測量車頭從起點到終點之間的距離。
- (4) 依序增加重物螺帽的數量，每次增加 1 個，至 5 個為止，並記錄其距離三次 (A. B. C) 取平均值。

### 二、實驗流程

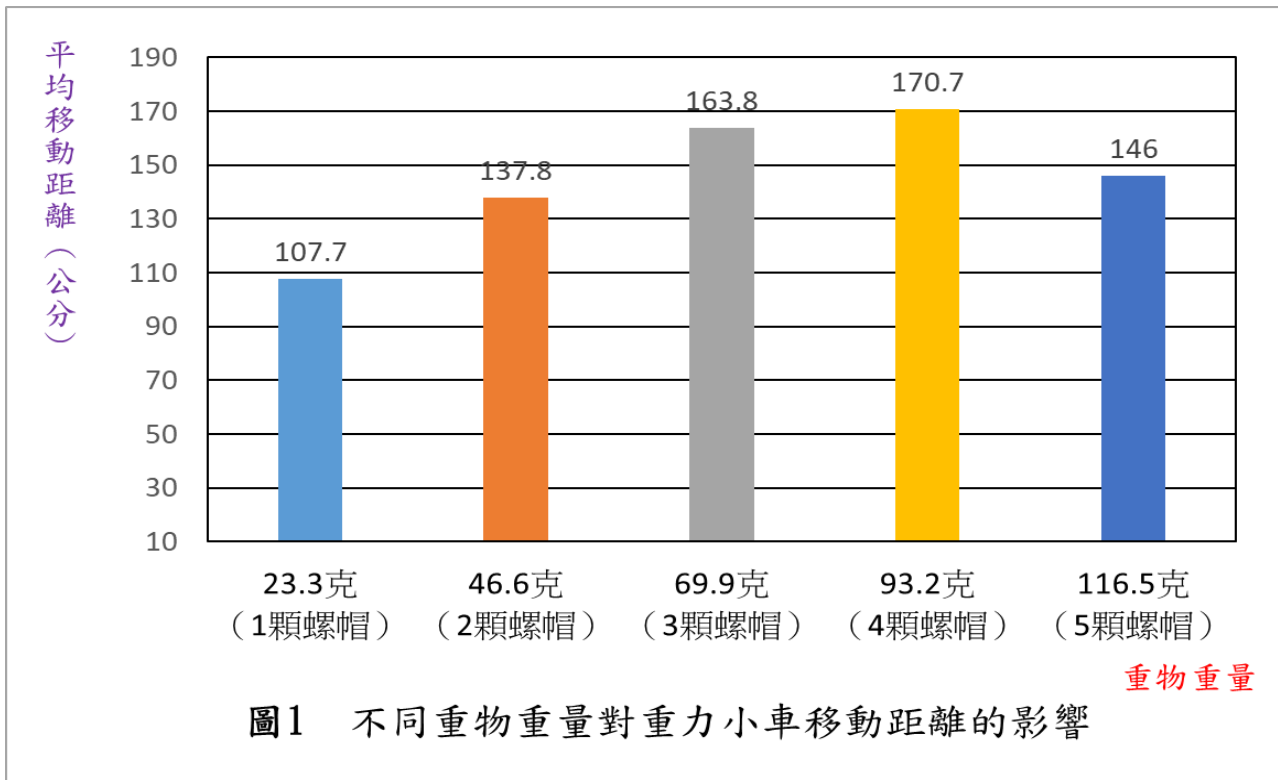


### 三、實驗結果

不同重物重量對重力小車移動距離的影響實驗結果如下：

表 1 不同重物重量對重力小車移動距離的影響

重物重量	A 距離 (cm)	B 距離 (cm)	C 距離 (cm)	平均距離 (cm)	排序
23.3 克 (1 顆螺帽)	106	104	113	107.7	5
46.6 克 (2 顆螺帽)	136	142.5	135	137.8	4
69.9 克 (3 顆螺帽)	165	163.5	163	163.8	2
93.2 克 (4 顆螺帽)	168	175	169	170.7	1
116.5 克 (5 顆螺帽)	142	146	150	146	3



#### 四、實驗結果討論

- (1) 從表1中，在重物螺帽都升高至30公分的情況下，1顆螺帽使重力小車移動的距離是107.7公分，2顆是137.8公分，3顆是163.8公分，4顆是170.7公分，重力小車移動距離隨重物重量的增加而更遠，但當重物螺帽增加至5顆時，小車移動的距離卻比3顆、4顆時還要少，只有146公分。
- (2) 重力小車主要以重物螺帽吊墜落下的重力轉化為小車前進的動力，每增加一顆螺帽，重物就跟著增加23.3克，因此，當螺帽從1顆增加至4顆，重物重量逐漸增加的情況下，小車的移動距離也跟著變遠；但當螺帽增加至5顆時，我們發現重物下降速度非常快，一下子就掉落至車身內，重物撞擊車身，使車子在前進時頓了一下，加上車身承載5顆螺帽的重量，使得其前進的距離不若4顆螺帽時那麼遠，甚至比3顆螺帽時還要近。因此，我們推論重物重量會影響重力小車移動的距離，適當增加螺帽數量使重物增重，會使小車移動距離跟著更遠，但並非重物的重量越重越好，若螺帽數量過多，使重物過重高速降落撞擊車身，降低車子前進的動力，反而減少小車前行的距離。
- (3) 我們從上面的實驗得知重物重量會影響重力小車移動的距離，接下來我們試著調整本次實驗中重物的高度，將重物螺帽位置升高或降低，來測試重物高度對重力小車移動距離是否會造成影響。

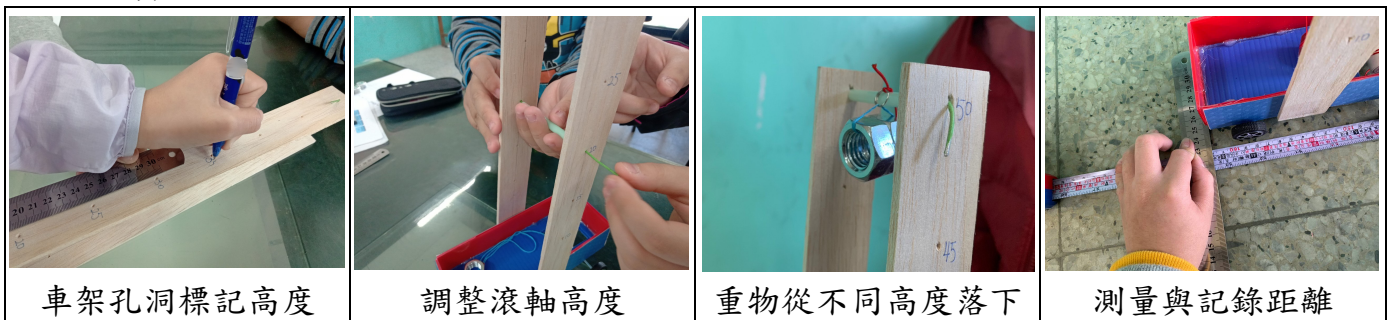
## 研究二：不同重物高度對重力小車移動距離的影響？

在我們確定增加重物重量會影響重力小車移動的距離後，我們持續研究重物（螺帽）這項控制變因。在實驗一，重物高度都是 30 公分，但如果我們升高或降低重物高度，並維持重物都是 2 個螺帽的重量，重力小車往前移動的距離是否會不一樣呢？以實驗二來探討不同重物高度對重力小車移動距離。

### 一、實驗步驟

- (1) 以同一台重力小車為基準，用木柄尖錐在飛機木車架上每隔 5 公分鑽 1 個洞，並用簽字筆標記孔洞高度，以便滾軸調整位置。
- (2) 先將滾軸固定在 10 公分高的位置，滑繩鐵圈掛上 2 個螺帽，轉動車軸，透過滑繩拉升螺帽至 10 公分處，並調整螺帽位置在滾軸的中間。
- (3) 在塑膠墊上標記起點線位置，車頭對齊起點線，放開車身，使其平穩前進，並測量車頭從起點到終點之間的距離。
- (4) 依序調整滾軸位置，使重物螺帽從不同高度落下，每次增加 10 公分，至 50 公分高為止，並記錄其距離三次 (A. B. C) 取平均值。

### 二、實驗流程



### 三、實驗結果

不同重物高度對重力小車移動距離的實驗結果如下：

表 2 不同重物高度對重力小車移動距離的影響

重物高度	A 距離(cm)	B 距離(cm)	C 距離(cm)	平均距離(cm)	排序
10 公分	41.5	49.5	42	44.3	5
20 公分	89.5	92	89	90.2	4
30 公分	136	142.5	135	137.8	3
40 公分	160	163.5	163.5	162.3	2
50 公分	167	162	168	165.7	1

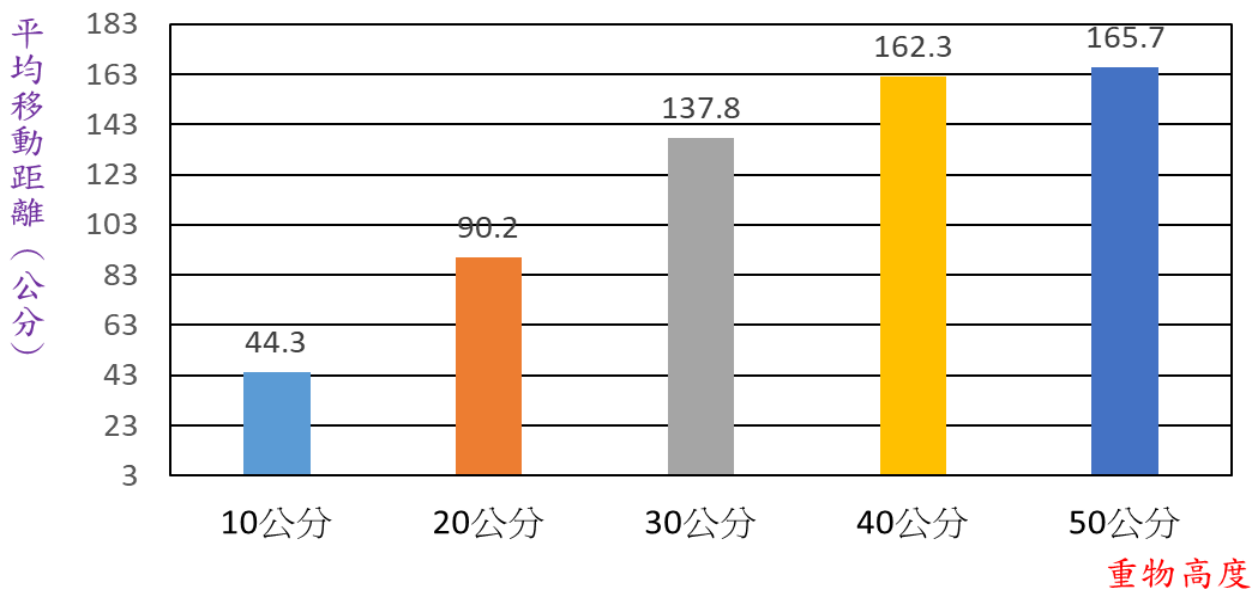


圖2 不同重物高度對重力小車移動距離的影響

#### 四、實驗結果討論

- (1) 從表2中，當重物(螺帽)高度在10公分位置時，移動距離是44.3公分；在20公分位置時，移動距離是90.2公分，重物高度逐漸增加，小車移動距離也跟著越遠，當高度上升至50公分位置時，移動距離可達165.7公分。
- (2) 從圖2可看出，在螺帽都是2顆的情況下，不同重物高度使重力小車向前移動的距離由遠到近依序是：50公分>40公分>30公分>20公分>10公分。我們發現，重物高度越高，重力小車移動距離越遠；重物高度越低，重力小車移動距離越近。當螺帽從越高的地方垂直掉落，重物所產生的重力位能也跟著變大，帶動滑繩使小車向前移至更遠的距離。
- (3) 我們從上面的實驗得知不同重物高度會影響小車移動距離，高度越高，重力小車向前移動的距離就越遠，在螺帽變項都完成後，接下來我們試著改變滾軸表面的粗細程度，測試是否會影響其距離。



### 研究三：不同滾軸表面粗細對重力小車移動距離的影響？

在我們了解重物高度會影響重力小車往前移動的距離後，我們想試著了解車架上的滾軸裝置，如果不是採用表面光滑的吸管，而是具有顆粒的材質，是否會影響重力小車前進的距離呢？因此，實驗三運用不同粗細程度的砂紙為操縱變因，測試滾軸表面粗細程度對重力小車移動距離的影響。

#### 一、實驗步驟

- (1) 準備砂紙編號 AA-40 的砂紙，剪下一小片，在背面黏上雙面膠，將砂紙完整包覆在滾軸的吸管上。
- (2) 把滾軸固定在車架上 30 公分高的位置，滑繩鐵圈掛上 2 個螺帽，轉動車軸，透過滑繩拉升螺帽至 30 公分處，並調整螺帽位置在滾軸的中間。
- (3) 在塑膠墊上標記起點線位置，車頭對齊起點線，放開車身，使其平穩前進，並測量車頭從起點到終點之間的距離。
- (4) 接著將砂紙編號 AA-60、AA-80、AA-100、AA-120 包覆在滾軸的吸管上，依序更換不同砂紙粗細的滾軸，固定在車架 30 公分高的位置，以 2 個螺帽進行實驗，並記錄其距離三次 (A. B. C) 取平均值。

#### 二、實驗流程



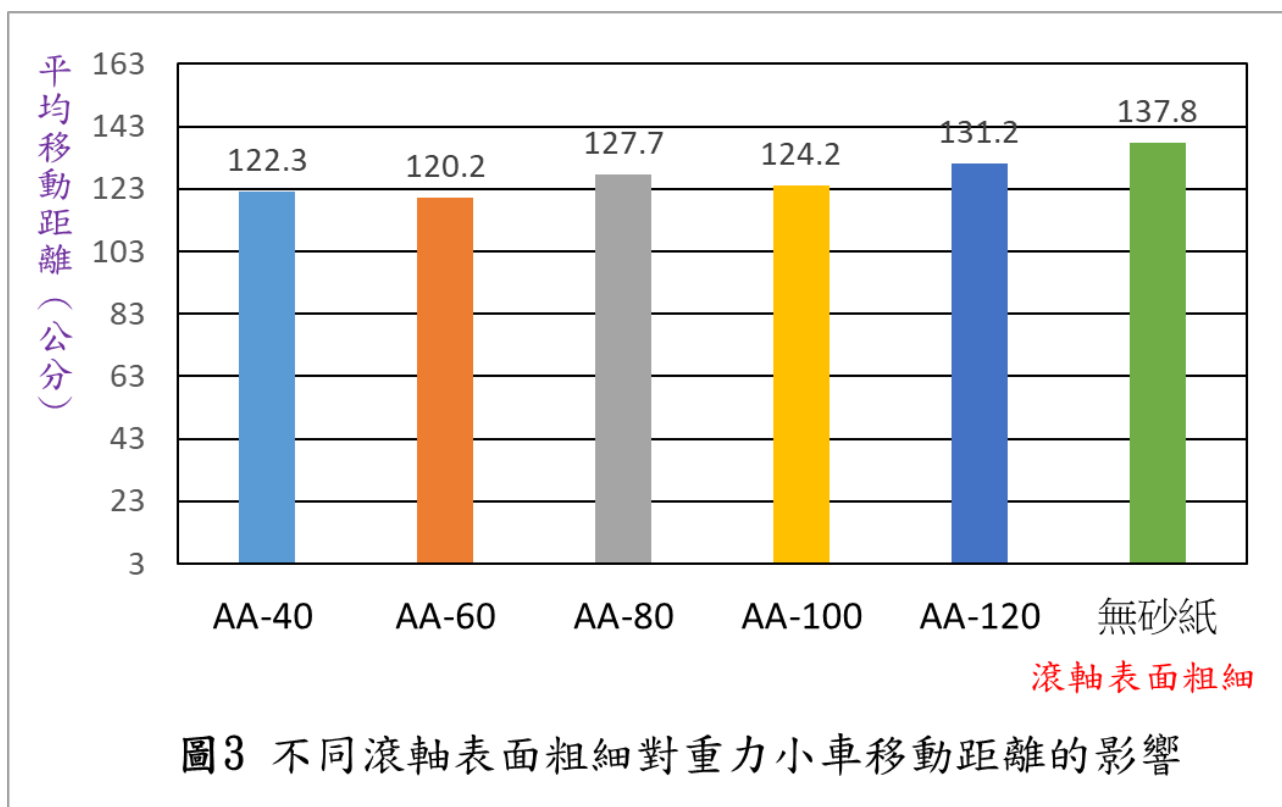
#### 三、實驗結果

不同滾軸表面粗細對重力小車移動距離的實驗結果如下：

表 3 不同滾軸表面粗細對重力小車移動距離的影響

滾軸表面粗細 (砂紙型號)	A 距離 (cm)	B 距離 (cm)	C 距離 (cm)	平均距離(cm)	排序
砂紙 AA-40	120.5	121.5	124.5	122.3	5
砂紙 AA-60	119	117.5	124	120.2	6
砂紙 AA-80	128	128.5	126.5	127.7	3
砂紙 AA-100	123	123	126.5	124.2	4
砂紙 AA-120	134	127	132	131.2	2
無砂紙	136	142.5	135	137.8	1

備註：砂紙型號數字標示其粗糙度，數字小代表表面顆粒粗大，數字大代表顆粒細小。



#### 四、實驗結果討論

- (1) 從表3中，在吸管表面滾軸包覆不同粗細顆粒材質的砂紙，粗顆粒砂紙（AA-40）滾軸的小車移動距離為122.3公分，細顆粒砂紙（AA-120）滾軸的小車移動距離為131.2公分，在滾軸包覆不同粗細程度砂紙的情況下，重力小車移動距離落在120.2公分~131.2公分之間，與無包覆砂紙的小車移動距離137.8公分相比較，移動距離略有影響，但不顯著。
- (2) 從圖3可看出，原實驗用光滑吸管作為滾軸，在沒有包覆砂紙的情況下，小車距離為137.8公分。原本以為包上砂紙，會因表面顆粒增加滑繩的摩擦力而改變移動距離，從圖3可看出，在滾軸包覆不同粗細砂紙的情況下，重力小車移動距離都有120公分以上，雖稍微低於137.8公分，略有影響但距離差距不大。
- (3) 根據實驗結果，不同滾軸表面粗細程度對重力小車移動距離略有影響，但彼此差距不大，影響並不顯著。

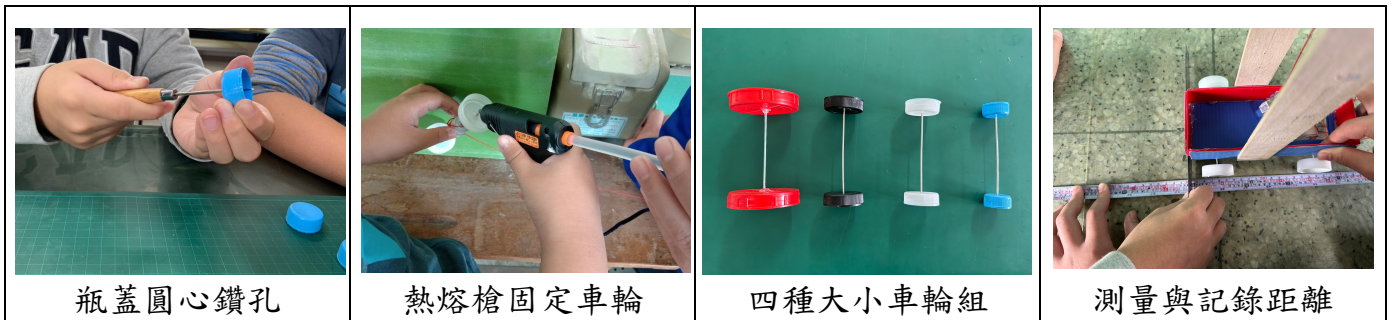
## 研究四：不同車輪大小對重力小車移動距離的影響？

接著，我們把改變車輪大小為操縱變因，來了解車輪大小對重力小車移動距離的影響。在本次實驗中，我們不用前面幾次實驗的塑膠輪，而是蒐集了坊間各式大小的寶特瓶瓶蓋，將瓶蓋圓心鑽孔，以熱熔槍固定在車軸的鐵絲上，做出了四種大小的車輪組，車輪大小不一的重力小車往前移動的距離是否會不一樣呢？以實驗四來探討不同車輪大小對重力小車移動距離的影響。

### 一、實驗步驟

- (1) 準備大小不一的寶特瓶蓋作為輪子，其尺寸分別是半徑 1.5 公分的小輪子、半徑 2.0 公分的中輪子、半徑 2.5 公分的大輪子、半徑 3.5 公分的特大輪子。
- (2) 將瓶蓋圓心鑽孔，以熱熔槍固定在車軸的鐵絲上，做出了四種大小的車輪組。
- (3) 先將小車輪組裝上重力小車，滑繩鐵圈掛上 2 個螺帽，轉動車軸，透過滑繩拉升螺帽至 30 公分處，並調整螺帽位置在滾軸的中間。
- (4) 在塑膠墊上標記起點線位置，車頭對齊起點線，放開車身，使其平穩前進，並測量車頭從起點到終點之間的距離。接著依序更換不同大小車輪組進行實驗，並記錄其距離三次 (A. B. C) 取平均值。

### 二、實驗流程



### 三、實驗結果

不同車輪大小對重力小車移動距離的實驗結果如下：

表 4 不同車輪大小對重力小車移動距離的影響

輪子大小	A 距離 (cm)	B 距離 (cm)	C 距離 (cm)	平均距離 (cm)	排序
小輪子 (半徑 1.5 公分)	118	124	125.5	122.5	4
中輪子 (半徑 2.0 公分)	194	205	196	198.3	2
大輪子 (半徑 2.5 公分)	295	290.7	283.5	289.7	1
特大輪子 (半徑 3.5 公分)	193	201	195	196.3	3

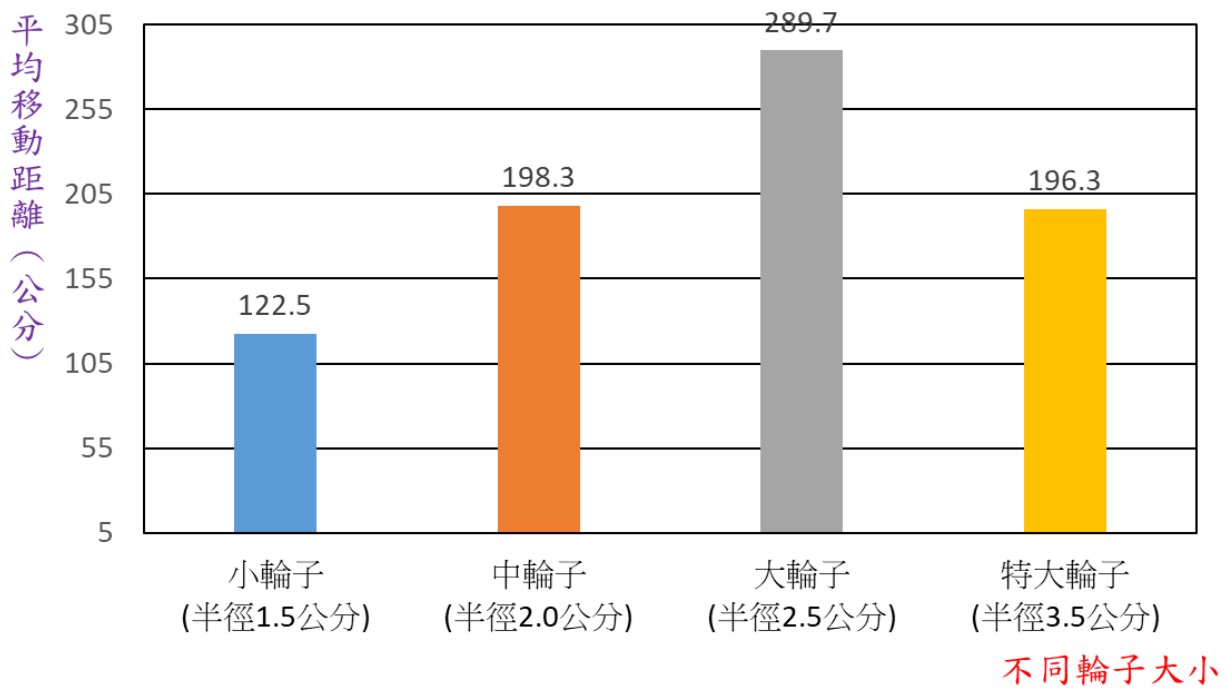


圖4 不同車輪大小對重力小車移動距離的影響

#### 四、實驗結果討論

- (1) 從表4中，裝有半徑1.5公分小輪子的重力小車移動距離為122.5公分；半徑2.0公分中輪子的距離可達198.3公分；半徑2.5公分大輪子的距離更達289.7公分之遠，是目前實驗中最遠的距離，可看出重力小車移動距離有隨車輪變大而更遠的趨勢，但當換成半徑3.5公分的特大輪子時，小車移動的距離比半徑2.5公分的大輪子還近，僅達196.3公分。
- (2) 本次實驗中，重力小車滑繩鐵圈都掛上2個螺帽，從30公分高處落下，重力位能轉變成滑繩的拉力，使車軸轉動，帶動輪子。從圖4可看出，不同車輪大小對重力小車移動距離由遠到近依序是：大輪子>中輪子>小輪子，顯見車輪越大，輪子半徑與圓周也越長，在車軸得到相同轉動動力的情況下，裝有大輪子的重力小車移動距離明顯比小輪子多很多，但也不是因此就說輪子越大越好，3.5公分的特大輪子的移動距離就沒有2.5公分大輪子來的遠，我們推論車輪大小應與車身有一定的比例，其移動距離才會比較遠，2.5公分大輪子的大小最符合重力小車的車身比例，所以跑得遠，特大輪子的輪子圓周雖然長，但裝在小車上則顯得笨重，移動距離反而不如預期的遠。



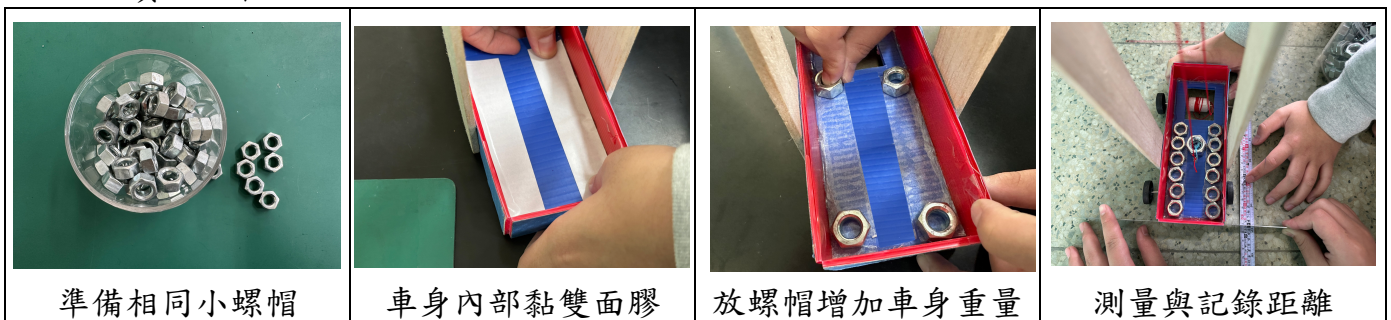
## 研究五：不同車身重量對重力小車移動距離的影響？

重力小車以 PP 塑膠瓦楞板為車身主體，材質輕巧，加上車架，放在電子秤上的重量為 56 克，若我們增加車身的重量，是否會影響重力小車往前移動的距離呢？因此，我們以平均一顆 15.6 公克的螺帽為車身增重的器材，以每次 4 顆的方式，平均放入車身內的四個角落，來了解不同車身重量是否會影響重力小車前進的距離，以實驗五來探討不同車身重量對重力小車移動距離的影響。

### 一、實驗步驟

- (1) 準備大小相同的小螺帽數個，以同一重力小車為基準，在車身內部左右兩側黏上雙面膠，在雙面膠上依序平均分布黏上 4 顆、8 顆、12 顆、16 顆、20 顆等不同數量的螺帽，藉此改變車身重量。
- (2) 將重力小車滑繩鐵圈掛上 2 個螺帽，轉動車軸，透過滑繩拉升螺帽至 30 公分處，並調整螺帽位置在滾軸的中間。
- (3) 在塑膠墊上標記起點線位置，車頭對齊起點線，放開車身，使其平穩前進，並測量車頭從起點到終點之間的距離。
- (4) 依序記錄不同車身重量的實驗結果 (A. B. C) 取平均值。

### 二、實驗流程



### 三、實驗結果

不同車身重量對重力小車移動距離的實驗結果如下：

表 5 不同車身重量對重力小車移動距離的影響

車身重量	A 距離 (cm)	B 距離 (cm)	C 距離 (cm)	平均距離 (cm)	排序
56 克 (0 顆螺帽)	136	142.5	135	137.8	1
118.4 克 (4 顆螺帽)	86	81.1	79	82	2
180.8 克 (8 顆螺帽)	65	69.7	70	68.2	3
243.2 克 (12 顆螺帽)	51	57	59	55.7	4
305.6 克 (16 顆螺帽)	48.4	45.2	42	45.2	5
368 克 (20 顆螺帽)	0	0	0	0	6

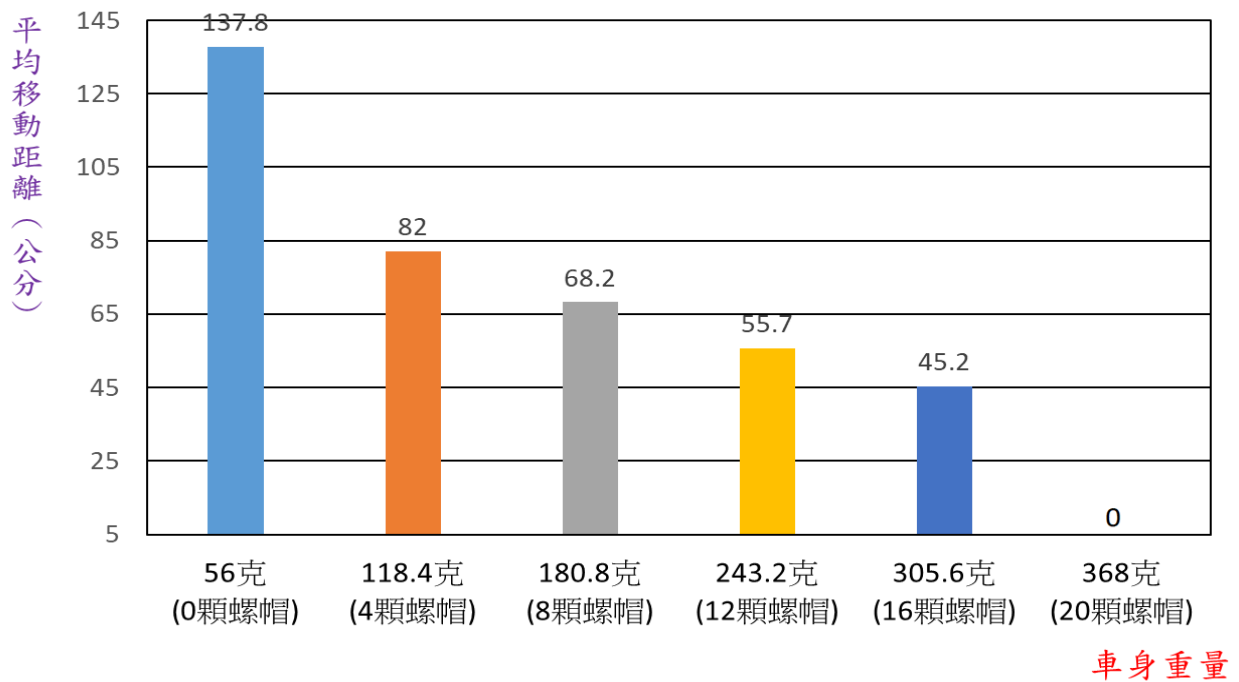


圖5 不同車身重量對重力小車移動距離的影響

#### 四、實驗結果討論

- (1) 從表5可看出，當車身內沒有放置螺帽，小車移動距離是137.8公分；放入4顆螺帽於車身內，移動距離就減少至82公分；改放8顆螺帽於車身內，移動距離是68.2公分，當螺帽數量逐漸增加，小車移動距離也越來越短，直到放入20顆螺帽時，小車不再前進，靜置在原地。
- (2) 本次實驗中，重力小車滑繩鐵圈都掛上2個螺帽，從30公分高處落下，利用車身內放置螺帽的方式使車身增重，所測得的重力小車移動距離由遠到近依序是：放置0顆螺帽>4顆螺帽>8顆螺帽>12顆螺帽>16顆螺帽>20顆螺帽。我們發現，車身越輕，重力小車移動距離越遠；車身越重，重力小車移動距離越近，甚至達一定重量時，小車連啟動的動力都不夠，停留在原地。
- (3) 根據實驗結果，我們推論重力小車的車身重量會影響摩擦力大小，車體越重，輪子和地面的正向力作用越大，摩擦力也越大，使得移動距離變短。

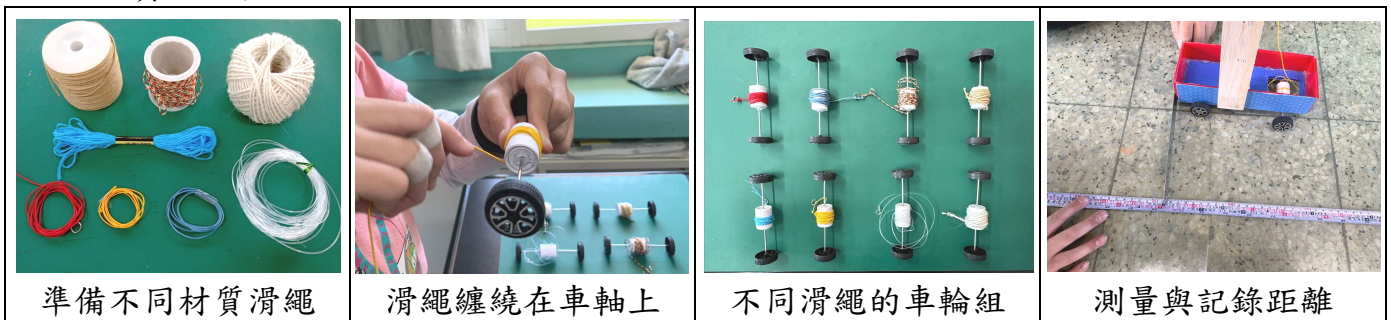
## 研究六：不同滑繩材質對重力小車移動距離的影響？

在相同車身重量、車輪大小、滾軸表面粗細等控制變因相同的情形下，僅改變不同滑繩材質做為操縱變因，會影響重力小車的前進距離嗎？以實驗六來探討不同滑繩材質對重力小車移動距離的影響。

### 一、實驗步驟

- (1) 準備不同材質的滑繩線材，其材質分別為滑繩基準線(玉線)、棉線、彈力繩、苧麻繩、五色線、蠟線、麻線、魚線等，分別剪下 120 公分，一端固定在車軸上，另一端則繫上小鐵圈。
- (2) 將重力小車滑繩鐵圈掛上 2 個螺帽，轉動車軸，透過滑繩拉升螺帽至 30 公分處，並調整螺帽位置在滾軸的中間。
- (3) 在塑膠墊上標記起點線位置，車頭對齊起點線，放開車身，使其平穩前進，並測量車頭從起點到終點之間的距離。
- (4) 依序記錄不同滑繩材質的實驗結果 (A. B. C) 取平均值。

### 二、實驗流程



### 三、實驗結果

不同滑繩材質對重力小車移動距離的實驗結果如下：

表 6 不同滑繩材質對重力小車移動距離的影響

軌道線材質	A 距離 (cm)	B 距離 (cm)	C 距離 (cm)	平均距離 (cm)	排序
玉線	136	142.5	135	137.8	2
棉線	125.5	131	132.5	129.7	4
彈力繩	163	164.5	168	165.2	1
苧麻繩	109	100	100	103	6
五色線	127	134	130	130.3	3
蠟線	108	110	111	109.7	5
麻線	94	91.7	98.5	94.7	7
魚線	81	83	84.5	82.7	8

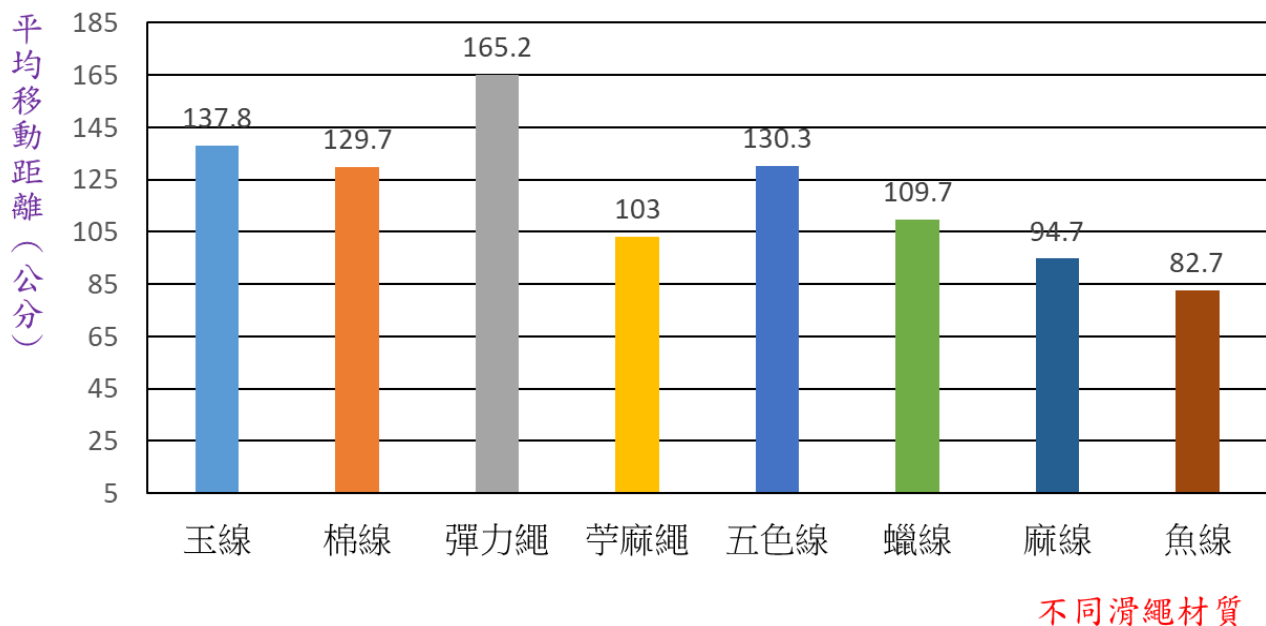


圖6 不同滑繩材質對重力小車移動距離的影響

#### 四、實驗結果討論

- (1) 前面幾次實驗我們都固定以「玉線」作為滑繩，本次實驗改以其他線材當作滑繩材質，測試對重力小車移動距離的影響。從表6可知，滑繩材質以彈力繩表現最佳，重力小車前移距離達165.2公分；其次是使用玉線作為滑繩的137.8公分；接著是使用五色線作為滑繩的130.3公分。而當滑繩改為麻線時，重力小車移動距離為94.7公分，低於100公分，而光滑粗硬的魚線效果最差，小車移動距離只有82.7公分，是所有滑繩線材中，重力小車移動距離最短的。
- (2) 從圖6可看出，若以基準滑繩-玉線來對照，「彈力繩」因具有彈性，且有伸縮延展的特性，在螺帽降落拉動車軸的過程中給了重力小車較多動力，車子移動距離也較遠；「魚線」雖然表面光滑，但質地粗硬且不具彈性，無法有效帶動重力小車往前移動，是最不理想的線材。
- (3) 根據實驗結果，滑繩在重物螺帽的重力位能轉變成拉力使車軸轉動過程中，也扮演的重要的角色，使用具彈性延展的繩子作為滑繩材質，可增加小車的移動距離，反之，若選擇粗硬無彈性的線材作為滑繩，則移動距離明顯較近。



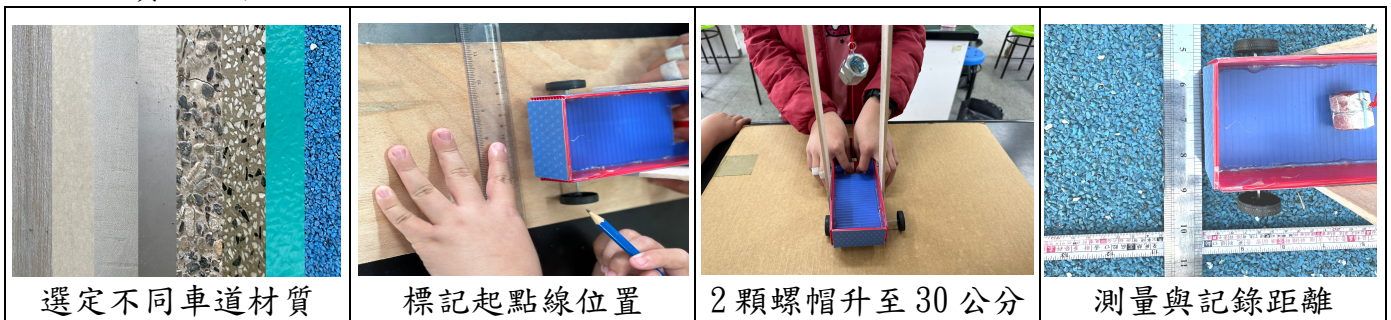
## 研究七：探討不同車道材質對重力小車移動距離的影響？

前面六項實驗研究都是在以塑膠墊鋪設的車道上進行，若我們改變車道，在校園內尋找不一樣的材質來做為重力小車前行的車道，結果會是如何，會影響重力小車的前進距離嗎？以實驗七來探討不同車道材質對重力小車移動距離的影響。

### 一、實驗步驟

- (1) 在校園內及教室裡尋找不同材質作為重力小車的車道路面，經討論後，選定木板、紙板、玻璃、鐵片、磨石子、洗石子、羽球地墊、pu 跑道等 8 種不同材質車道，並與原來的塑膠墊材質做比較。
- (2) 將重力小車滑繩鐵圈掛上 2 個螺帽，轉動車軸，透過滑繩拉升螺帽至 30 公分處，並調整螺帽位置在滾軸的中間。
- (3) 在各種車道上標記起點線位置，車頭對齊起點線，放開車身，使其平穩前進，並測量車頭從起點到終點之間的距離。
- (4) 依序記錄不同車道材質的實驗結果 (A. B. C) 取平均值。

### 二、實驗流程



### 三、實驗結果

探討不同車道對重力小車移動距離的實驗結果如下：

表 7 探討不同車道對重力小車移動距離的影響。

軌道線材質	A 距離 (cm)	B 距離 (cm)	C 距離 (cm)	平均距離 (cm)	排序
木板	94	90.5	96	93.5	4
紙板	91	91	92	91.3	5
玻璃	105	100	101	102	1
鐵片	85.5	83.5	82.5	83.8	6
磨石子	96	93	98	95.7	3
洗石子	51	57.5	54.5	54.3	7
羽球地墊	97.5	95.5	100.5	97.8	2
PU 跑道	30	27.5	30	29.2	8

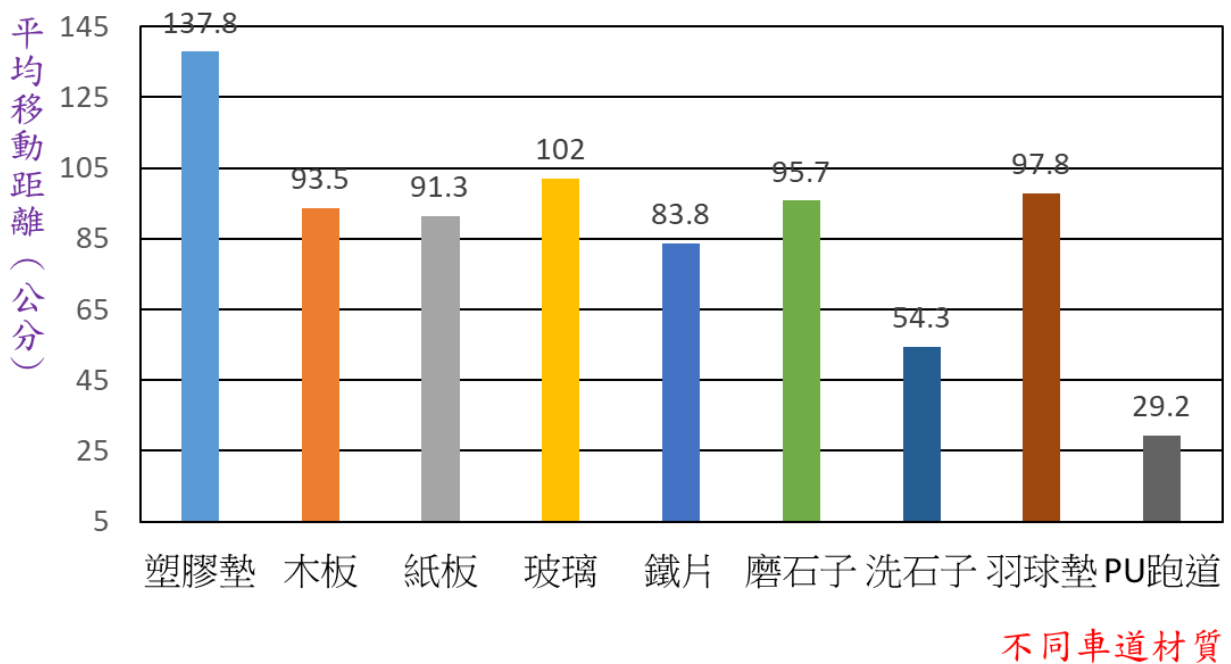


圖7 不同車道材質對重力小車移動距離的影響

#### 四、實驗結果討論

- (1) 前面幾次實驗我們都是以「塑膠墊」鋪在教室地板上作為小車前進的車道，本次實驗我們在校園內及教室裡尋找不同材質作為重力小車的車道路面，測試對重力小車移動距離的影響。從表7可知，車道材質還是以塑膠墊表現最佳，重力小車移動距離為137.8公分，其次是玻璃材質車道的102公分。而當車道改為洗石子材質時，小車移動距離僅有54.3公分，而操場的PU跑道效果最差，小車移動距離只有29.2公分，是所有車道材質中，重力小車移動距離最短的。
- (2) 從圖7可看出，重力小車在不同材質車道上移動距離還是以塑膠墊最遠，玻璃次之，推測因塑膠墊表面平滑、玻璃表面光滑，車子前進較無阻力，移動距離較遠。相反的，洗石子、PU跑道等都是粗糙不平整的表面，車子前進時阻力大，移動距離明顯較短。
- (3) 根據實驗結果，車道路面的平滑與否會產生不同大小的摩擦力，接觸面越平滑，摩擦力越小，也因此重力小車在平滑表面的車道上較無阻力，移動距離比較長；反之接觸面越粗糙，摩擦力越大，使得重力小車前進動能耗損，移動距離則明顯較短。

## 伍、結論

### 一、探討不同重物重量對重力小車移動距離的影響。

- (一)測量的 5 種不同重物的重量中，以裝有 4 顆螺帽重物的重力小車移動距離最遠，1 顆螺帽重物的距離最近。
- (二)重力小車以吊墜重物-螺帽作為動力來源，當螺帽數量增加，重物增重，重力位能產生的動力愈大，帶動小車使移動距離愈遠，但數量與距離並非成正比，若螺帽數量過多，重物過重，高速降落撞擊車身，反而降低車子前進的動力，移動距離有限。

### 二、探討不同重物高度對重力小車移動距離的影響。

- (一)重物高度會影響小車移動距離，當螺帽以高度 50 公分的位置落下時的重力小車移動距離最遠，高度 10 公分時距離最近。
- (二)重物高度越高，重力小車移動距離越遠；重物高度越低，重力小車移動距離越近。當螺帽從越高的地方垂直掉落，重物所產生的重力位能也跟著變大，能帶動滑繩使小車向前移至更遠的距離。

### 三、探討不同滾軸表面粗細對重力小車移動距離的影響。

- (一)沒有包覆砂紙的滾軸移動距離最遠，而滾軸包覆不同粗細程度砂紙時，小車移動略有減少，但幅度不大。
- (二)不同滾軸表面粗細對重力小車移動距離略有影響，但彼此差距不大，滾軸表面粗細對距離影響並不顯著。

### 四、探討不同車輪大小對重力小車移動距離的影響。

- (一)不同車輪大小的重力小車移動距離由遠到近依序是：大輪子>中輪子>小輪子，顯見重力小車移動距離有隨車輪變大而更遠的趨勢。
- (二)車輪越大，輪子半徑與圓周也越長，在車軸得到相同轉動動力的情況下，裝有大輪子的重力小車移動距離明顯比小輪子多很多，但也不是車輪越大越好，輪子大小與車身比例還是有最適切的範圍，在本實驗中，特大輪子的圓周雖然最長，但裝在重力小車上，比例顯得笨重，移動距離反而不如略小的輪子。

### 五、探討不同車身重量對重力小車移動距離的影響。

- (一)車身越輕，重力小車移動距離越遠；車身越重，重力小車移動距離越近，甚至達一定重量時，小車連啟動的動力都不夠，停留在原地。
- (二)重力小車的車體重量越重，輪子和地面的正向力作用越大，摩擦力也越大，使得移動距離變短。

六、探討不同滑繩材質對重力小車移動距離的影響。

(一)「彈力繩」有彈性，且有伸縮延展的特性，在螺帽降落的過程拉動車軸，給了動力小車較多動力，車子移動距離也較遠；「魚線」雖然表面光滑，但質地粗硬不具彈性，無法有效帶動重力小車往前移動，所以移動距離最近。

(二)重物螺帽的重力位能拉動車軸轉動的過程中，滑繩也扮演重要的角色，使用具彈性延展的繩子作為滑繩材質，可增加小車的移動距離，反之，若選擇粗硬無彈性的線材作為滑繩，則移動距離明顯較近。

七、探討不同車道材質對重力小車移動距離的影響。

(一)重力小車在塑膠墊材質的車道移動距離最遠，玻璃次之；而在洗石子、PU跑道的材質上移動距離較近。

(二)塑膠墊表面平滑、玻璃表面光滑，以此作為車道時，接觸面平滑，摩擦力較小，車子前進較無阻力，移動距離較遠。相反的，洗石子、PU跑道都是粗糙不平整的表面，摩擦力較大使車子前進時阻力大，移動距離明顯較短。

綜合上面研究發現，影響重力小車移動距離比較明顯的因素有「重物重量」、「重物高度」、「車輪大小」、「車身重量」、「滑繩材質」和「車道材質」等。其中，以「車輪大小」的影響最大，在車軸得到相同轉動動力的情況下，合適車身比例的大輪子讓重力小車移動距離增加最多，是所有變項中影響最顯著的。此外，因重物的重力位能是小車前進的動力，所以「重物重量」與「重物高度」也會影響小車，較重或較高的重物能使小車移動較遠的距離。而連接重物與車軸的滑繩也很重要，「滑繩材質」若具有伸縮延展的特性能使小車移動距離更遠。不過，當車身重、車道粗糙不平整會讓小車前進時遇到較大摩擦力，前進距離相對少了很多。

## 陸、未來研究方向

重力小車移動距離明顯受到「重物重量」、「重物高度」、「車輪大小」、「車身重量」、「滑繩材質」和「車道材質」的影響，而我們的實驗裝置都以相同大小規格、PP板材質的重力小車進行研究，未來可再針對小車做不一樣的改變，例如：不同車子大小、不同車體外型、不同車身材質…等，多方面測試小車本身可能對移動距離造成影響的變項。

此外，在本實驗中，裝有半徑 2.5 公分輪子的小車移動距離將近有 3 公尺遠，是所有變項中移動距離最遠的，顯示「車輪大小」對小車移動距離有顯著的影響，未來研究可以再針對車輪做不一樣的改變。例如：改變車輪數量，從 4 個輪子改成 6 個、



8 個、10 個等，或者選用外表具橡皮、木頭、鑄鐵等材質的輪子當車輪，觀察各種不同車輪變項對重力小車移動距離的影響，都是未來值得探討的方向，或許可以測試出讓小車移動更遠的方式哦！

## 柒、參考資料

- 一、全國中小學科展第 52 屆(2012)。那些年，我們一起玩的 ㄅㄨ ㄅㄨ 車。取自 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=338&sid=9690>。
- 二、全國中小學科展第 46 屆(2006)。它抓得住我？—紋路對摩擦力的影響。取自 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=43&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=2109>。
- 三、全國中小學科展第 43 屆(2003)。如履薄冰風火輪。取自 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=639&sid=958>。