

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別： 生活與應用科學科

組 別： 國小組

作品名稱： 有趣的車子

關 鍵 詞： 直線前進、爬坡、軌跡

編 號：

有趣的車子

摘要

自然課程中對於「運輸工具與能源」的探討，使我們對於車子的製作產生了極大的興趣。後來參加了中華創意發展協會所舉辦的比賽，學習了動力系統的製作和電路的連接，使我們決定親自設計製作一台四輪車，並且設計實驗來探討車子的機能性。

在實驗中我們設計了各種不同形狀的車輪和不同性質的路面來探討車子直線前進、爬坡等機能性，並且探討動力系統和電力系統的串、並聯對於車子機能性的影響。另外我們還運用電池盒的配置來探討重心位置對於車子爬坡機能性的影響。最後，我們以不同驅動方式來探討車子轉彎的機能性。

希望透過這些車子機能性的探討可以提供車子駕駛人參考。

目錄

一、 研究動機.....	1
二、 研究目的.....	1
三、 文獻探討.....	2
四、 研究設備及器材.....	3
五、 研究過程或方法.....	4
六、 研究結果.....	6
七、 討論.....	12
八、 結論.....	16
九、 參考資料及其他.....	16

圖表目錄

圖一、動力系統.....	1
圖二、鋪放止滑墊的路面平台.....	1
圖三、利用陶土製成的顛簸路面.....	3
圖四、車身結構和馬達、電池盒配置圖.....	4
表一、不同形狀的實心輪胎在一般路面的車子行進時間.....	7
表二、不同形狀的實心輪胎在防滑路面的車子行進時間.....	8
表三、不同形狀的實心輪胎在顛簸路面的車子行進時間.....	9
表四、各種不同馬達連接方式的車子行進時間.....	10
表五、各種不同電池盒連接方式的車子行進時間.....	10
圖五、各種不同驅動方式的轉彎軌跡時間.....	11
圖六、不同形狀的實心輪胎在一般路面的車子行進時間.....	12
圖七、不同形狀的實心輪胎在防滑路面的車子行進時間.....	13
圖八、不同形狀的實心輪胎在顛簸路面的車子行進時間.....	13
圖九、不同形狀的實心輪胎在不同路面的車子直線行進時間.....	13
圖十、不同形狀車輪在直線前進時的運動軌跡.....	14
圖十一、不同形狀車輪在不同路面可達最大坡度的行進時間.....	14

一、研究動機

四年級上學期的「自然與生活科技」課程中，有一個很有趣的單元是「運輸工具與能源」，我們從實際觀察中認識腳踏車的構造、比較各種運輸工具的輪子，並且親自設計風力車和橡皮筋動力車，發現輪胎和路面間會產生摩擦接觸以獲得良好的牽引力。但是風力車和橡皮筋動力車似乎都無法長時間穩定的前進，因此無法進一步探討四輪車的機能性。

後來我們參加了中華創意發展協會所舉辦的比賽，對於利用齒輪所組合成的動力系統有了更進一步的了解，並且能夠利用機械組合模擬動物的前進、爬坡、轉彎等機能性。雖然動物的運動方式和車子的運動方式不同：動物的運動方式是以同樣的底面來接觸地面，而車子幾乎是以滾動的方式來前進。但是我們發現可以運用類似的動力系統和機械組合來製作一台車子，進一步探討四輪車的機能性。

二、研究目的

- (一)、設計製作一台能夠穩定直線前進的四輪車。
- (二)、探討不同車輪形狀的直線前進、爬坡等機能性。
- (三)、探討不同路面性質對於車子直線前進、爬坡等機能性的影響。
- (四)、探討馬達和電池盒不同連接方式對於車子直線前進、爬坡等機能性的影響。
- (五)、探討不同驅動方式對車子轉彎機能性的影響。

三、文獻探討

(一)、影響運動中的車子停下來的因素

根據國立編譯館國民小學自然科學第十一冊第八單元「四輪車與小山坡」，我們實驗之後發現：

- 1.車子的重量一樣，車子的速度越快，越難停止。
- 2.車子的速度一樣，車子越重，越難停止。
- 3.路面越平滑，越不容易停止。

在以上的實驗中，地心引力對車子的作用力使斜坡上原本靜止的車子產生沿著斜坡的向下運動。可是實際上在路上行走的車子，除了在下坡時會受到地心引力的影響之外，其動力來源並不是地心引力，我們希望能製作一台以電力為動力來源的車子來探討車子在路面行進的特性。

(二)、電路的連接方式

為了瞭解電路的連接方式，我們參考康軒版四下自然與生活科技第四單元「通電玩具」，經過實驗之後，發現：

- 1.將一個電池的正極和另一個電池的負極相接，稱為電池串聯。
 - 2.幾個電池的正極接在一起，負極另接在一起，稱為電池並聯。
 - 3.將幾個燈泡聯成一串的接法，稱為燈泡串聯。
 - 4.幾個燈泡的一端都接在一起，連到電池的一端；另一端也都接在一起，稱為燈泡並聯。
- 我們希望能將這些方法運用到車子的設計，以不同電路連接方式來探討車子的機能性。

(三)、動力系統

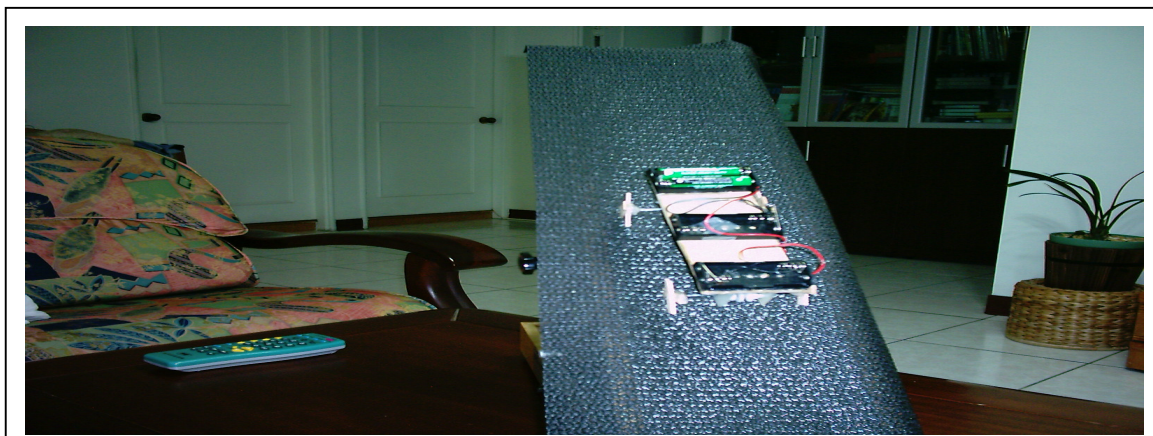
我們曾經參加過中華創意發展協會所舉辦的比賽，覺得他們所研發的齒輪系統很適合做車子，因此參考其網站上的學習指引來製作車子的動力系統。



圖一、動力系統的圖片（引自中華創意發展協會的網站 www.cdda.org/pt2003）

四、研究設備及器材

製作材料	齒輪組（包含蝸齒輪、大齒輪、惰輪、偏心輪、平齒輪、10cm 長軸、8cm 短軸）、齒輪蓋、馬達、螺絲、螺帽、電池盒、冰棒棍、電線組、密集板
工具	手搖鑽、鑽頭（ $\phi 2.5\text{mm}$ ）、線鋸、熱融膠槍、鐵鎚、尖嘴鉗、螺絲起子、砂紙
測量器材	碼表、直尺、量角器、圓規
路面平台	升降式可調角度之平台（路面長 60cm、寬 13cm，角度範圍 0~50 度）、止滑墊、陶土



圖二、鋪放止滑墊的路面平台

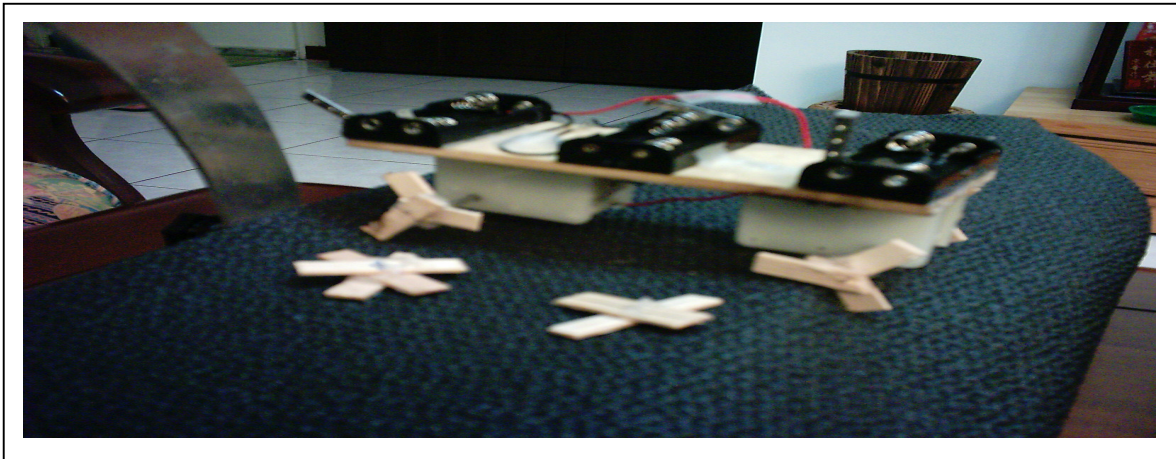


圖三、利用陶土製成的顛簸路面

五、研究過程或方法

(一)、實驗 1 設計製作四輪車並且測試直線前進的機能性

- 1.在密集板上畫出長 16cm、寬 5.5cm 的車身結構。
- 2.依循前後左右均衡的原則配置輪胎、馬達、電池座。
- 3.前後兩個馬達採取並聯方式。
- 4.配置半徑 2cm、寬 0.5cm 的圓形輪胎。
5. 測試車子直線前進的機能，找出偏離路面（碰到路面兩旁的木頭就算偏離）的因素，以假設驗證的方式反覆調整車體結構，一直到穩定不偏離為止。



圖四、車身結構和馬達、電池盒配置圖，在實驗 1 時採取圓形實心輪胎

(二)、實驗 2 不同形狀的實心輪胎在不同性質路面的車子機能測試

- 1.製作圓形、六角形、四角形、三角形等實心輪胎，各種形狀的車輪從圓心到頂點的長度均為 2cm。
- 2.以升降式可調角度之平台作為實驗路面。
- 3.原本平台上是普通的木板，以此做為一般路面。
- 4.利用家裡的止滑墊平鋪在平台上，以此做為防滑路面。
- 5.利用陶土堆疊成類似停車場使車子減速的路面，平鋪在平台上，以此做為顛簸路面。
- 6.坡度以 0 度、10 度、20 度、30 度、40 度、50 度逐漸向上調整，每個坡度測量五次行進時間，求平均值，比較不同性質路面的車子機能是否有差異。

(三)、實驗 3 各種不同馬達連接方式的車子機能測試

- 1.利用一個電池盒，兩個馬達並聯的方式測試車子機能。
- 2.利用一個電池盒，兩個馬達串聯的方式測試車子機能。
- 3.路面性質為防滑路面
- 4.坡度以 0 度、50 度向上調整，每個坡度、每種連接方式分別測量五次行進時間，求平均值，比較不同馬達連接方式的車子機能是否有差異。

(四)、實驗 4 各種不同電池盒連接方式的車子機能測試

- 1.利用兩個電池盒串聯，兩個馬達並聯的方式測試車子機能。
- 2.利用兩個電池盒並聯，兩個馬達並聯的方式測試車子機能。
- 3.路面性質為防滑路面
- 4.坡度以 0 度、50 度向上調整，每個坡度、每種連接方式分別測量五次行進時間，求平均值，比較不同電池盒連接方式的車子爬坡機能是否有差異。

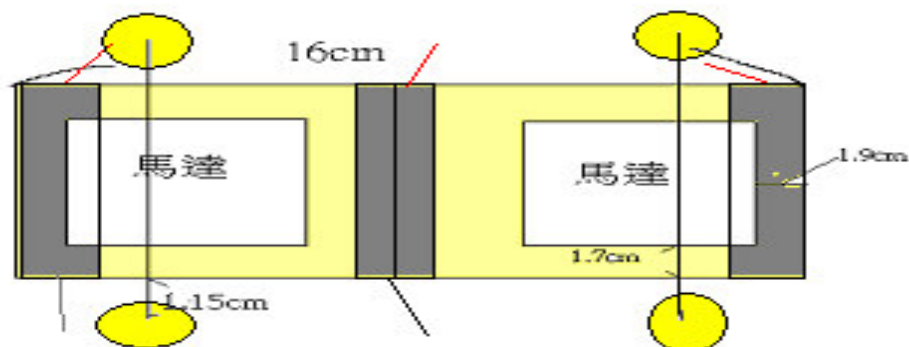
(五)、實驗 5 各種不同驅動方式的轉彎機能測試

- 1.將車身結構修改為三節式，第一節配置前輪和 1 組動力系統，第二節配置 1 個電池盒，第三節配置後輪和另 1 組動力系統。
- 2.節和節之間以冰棒棍鑽洞，用螺絲連結，可以自由調整轉彎角度。
- 3.將含有前輪的第一節往左邊轉 45 度，第二節和第三節仍保持直線。
- 4.僅連接含有前輪的第一節動力系統電路，測試車子的轉彎機能性。
- 5.僅連接含有後輪的第三節動力系統電路，測試車子的轉彎機能性。
- 6.將前後輪的動力系統並聯，測試車子的轉彎機能性。
- 7.路面性質為瓷磚路面
- 8.每種連接方式分別以五分鐘的行進時間，畫出其回旋範圍，比較不同驅動方式的車子轉彎機能是否有差異。

六、研究結果

(一)、實驗 1

1. 以前後左右均衡原則設計車身結構，完成四輪車組裝。



2. 在長 60cm、寬 13cm 的路面進行直線前進測試：

實驗次數	偏離情形	行進時間	發現問題	修改方法
第一代車子	實驗 5 次均偏左	平均 4.55 (秒)	由於動力系統和木頭連接的熱融膠不均勻，造成右後輪沒有著地，所以產生左偏現象。	將熱融膠刮除，改以螺絲鑽洞方式固定。
第二代車子	實驗 5 次有 4 次偏左	平均 4.51 (秒)	前輪的動力系統還是有點偏向左邊，所以產生左偏現象。	重新量取動力系統左右邊界間距保持 1.7cm，和底邊間距保持 1.9cm，將熱融膠刮除，除了以螺絲鑽洞方式固定之外，並且在動力系統周圍塗上一層薄薄的熱融膠。
第三代車子	實驗 5 次有 1 次偏左	平均 4.21 (秒)	每次放在路面上的位置沒有精確標定，造成誤差。	在路面起始點畫出前後輪擺放位置。
第四代車子	實驗 5 次均無偏離	平均 4.18 (秒)		

(二)、實驗 2

表一、不同形狀的實心輪胎在一般路面的車子行進時間（秒）

路面性質：一般 路面							
坡度	車輪形狀	實驗次數					平均
0 度		1	2	3	4	5	平均
	三角形	6.04	6.74	6.52	6.53	6.68	6.50
	四角形	4.52	4.48	4.41	4.75	4.58	4.55
	六角形	4.24	4.36	4.34	4.18	4.21	4.27
	圓形	4.15	4.03	4.17	4.11	4.09	4.11
10 度		1	2	3	4	5	平均
	三角形	7.89	8.5	8.72	8.7	7.33	8.23
	四角形	5.7	5.87	5.63	5.85	5.76	5.76
	六角形	5.47	5.51	5.86	5.65	5.2	5.54
	圓形	5.12	5.05	4.93	5.14	5.09	5.07
15 度		1	2	3	4	5	平均
	三角形	上不去	上不去	上不去	上不去	上不去	——
	四角形	9.7	11.76	10.52	9.73	10.78	10.50
	六角形	7.99	8.46	8.25	9.61	10.08	8.88
	圓形	6.06	5.99	5.39	6.05	6.26	5.95
17 度		1	2	3	4	5	平均
	三角形	上不去	上不去	上不去	上不去	上不去	——
	四角形	14.49	14.68	14.9	14.42	14.81	14.66
	六角形	12.21	11.88	12.01	12.34	12.59	12.21
	圓形	7.02	8.11	7.65	7.57	8.26	7.72
18 度		1	2	3	4	5	平均
	三角形	上不去	上不去	上不去	上不去	上不去	——
	四角形	上不去	上不去	上不去	上不去	上不去	——
	六角形	71.81	149.29	106.21	180	182.21	137.90
	圓形	9.7	9.99	11.09	8.45	9.35	9.72
19 度		1	2	3	4	5	平均
	三角形	上不去	上不去	上不去	上不去	上不去	——
	四角形	上不去	上不去	上不去	上不去	上不去	——
	六角形	上不去	上不去	上不去	上不去	上不去	——
	圓形	12.5	12.78	12.48	19.05	39.01	19.16

發現：

1. 當坡度越高時，車子行進時間越長。
2. 越接近圓形的輪子，車子行進時間越短，也越能爬上較高的坡度。

表二、不同形狀的實心輪胎在防滑路面的車子行進時間（秒）

路面性質：防滑路面							
坡度	車輪形狀	實驗次數					平均
0 度		1	2	3	4	5	平均
	三角形	4.42	4.27	4.29	4.2	4.09	4.25
	四角形	2.64	2.61	2.51	2.91	2.58	2.65
	六角形	2.56	2.45	2.43	2.49	2.41	2.47
	圓形	2.31	2.16	2.17	2.12	2.41	2.23
10 度		1	2	3	4	5	平均
	三角形	4.59	4.83	4.86	4.6	4.89	4.75
	四角形	3.5	2.99	3.01	3.16	3.17	3.17
	六角形	2.52	2.62	2.51	2.58	2.59	2.56
	圓形	2.47	2.52	2.46	2.61	2.6	2.53
20 度		1	2	3	4	5	平均
	三角形	5.28	5.23	5.48	5.23	5.44	5.33
	四角形	3.5	3.69	3.91	3.34	3.19	3.53
	六角形	2.72	2.95	2.73	2.66	2.67	2.75
	圓形	2.78	2.74	2.71	2.72	2.66	2.72
30 度		1	2	3	4	5	平均
	三角形	5.61	5.76	5.64	5.95	5.95	5.78
	四角形	3.93	3.78	3.93	4.12	4	3.95
	六角形	3.03	3.02	2.91	2.97	3.1	3.01
	圓形	2.99	2.85	2.82	3.11	2.98	2.95
40 度		1	2	3	4	5	平均
	三角形	6.83	6.7	6.4	6.71	6.41	6.61
	四角形	4.48	4.8	4.63	4.36	4.4	4.53
	六角形	3.09	3.7	3.55	3.21	3.38	3.39
	圓形	3.22	3.32	3.4	3.45	3.39	3.36
50 度		1	2	3	4	5	平均
	三角形	上不去	上不去	上不去	上不去	上不去	——
	四角形	4.72	5	5.16	4.81	4.82	4.90
	六角形	4.46	4.47	4.43	4.34	4.5	4.44
	圓形	4	4.05	4.2	4.26	4.23	4.15

發現：

- 1.當坡度越高時，車子行進時間越長。
- 2.越接近圓形的輪子，車子行進時間越短。
- 3.只有三角形輪胎無法爬上坡度 50 度。

表三、不同形狀的實心輪胎在顛簸路面的車子行進時間（秒）

路面性質：顛簸路面							
坡度	車輪形狀	實驗次數					平均
0 度		1	2	3	4	5	平均
	三角形	5.05	5.31	4.81	4.88	4.9	4.99
	四角形	4.43	3.99	3.87	4.59	4.06	4.19
	六角形	3.56	3.39	3.12	3.17	3.2	3.29
	圓形	3.07	3.18	2.96	2.91	2.94	3.01
10 度		1	2	3	4	5	平均
	三角形	4.99	5.15	5.24	5.49	5.59	5.29
	四角形	4.45	4.74	4.6	4.35	4.49	4.53
	六角形	3.68	3.74	3.61	3.77	3.91	3.74
	圓形	2.95	3.3	3.34	3.28	3.14	3.20
20 度		1	2	3	4	5	平均
	三角形	5.38	5.44	5.45	5.88	5.84	5.60
	四角形	5.06	4.8	4.89	5.07	5.11	4.99
	六角形	4	4.02	4.32	4.07	4.37	4.16
	圓形	3.85	4.07	3.99	4.1	3.6	3.92
30 度		1	2	3	4	5	平均
	三角形	7.32	7.65	7.32	7.03	7.72	7.41
	四角形	5.74	6.01	5.7	5.8	5.84	5.82
	六角形	5.49	5.7	5.88	5.34	5.55	5.59
	圓形	5.09	6.42	5.51	4.86	5.04	5.38
40 度		1	2	3	4	5	平均
	三角形	7.66	7.32	7.77	7.93	7.44	7.62
	四角形	5.91	6.55	6.36	5.99	6.19	6.20
	六角形	5.16	13.13	9.32	5.49	8.81	8.38
	圓形	上不去	上不去	上不去	上不去	上不去	—
50 度		1	2	3	4	5	平均
	三角形	9.92	9.59	9.59	9.79	8.16	9.41
	四角形	5.76	7.34	7.08	6.49	7.71	6.88
	六角形	17.74	15.32	13.29	16.17	14.47	15.40
	圓形	上不去	上不去	上不去	上不去	上不去	—

發現：

- 1.當坡度越高時，車子行進時間越長。
- 2.當坡度在 30 度以下，越接近圓形的輪子，車子行進時間越短。
- 3.當坡度在 30 度以上，六角形和圓形的輪子，車子行進時間越長。而且圓形的輪子在坡度 40 度以上時無法爬上去。
- 4.當坡度在 40 度以上，四角形的輪子，車子行進時間比其他形狀的車輪短。

(三)、實驗 3

表四、各種不同馬達連接方式的車子行進時間（秒）

路面性質：防滑 路面							
坡度	馬達連接方式	實驗次數					
0 度		1	2	3	4	5	平均
	馬達串聯	5.38	5.96	6.01	5.91	6	5.85
	馬達並聯	3.12	3.23	3.36	3.44	3.5	3.33
50 度		1	2	3	4	5	平均
	馬達串聯	11.84	12.24	11.06	10.35	10.69	11.24
	馬達並聯	翻車	翻車	翻車	翻車	翻車	——

- 發現：
- 1.當坡度越高時，車子行進時間越長。
 - 2.當坡度是 0 度時，馬達並聯的車子行進時間較短。
 - 3.當坡度是 50 度時，馬達並聯的車子速度較快，會發生翻車現象。

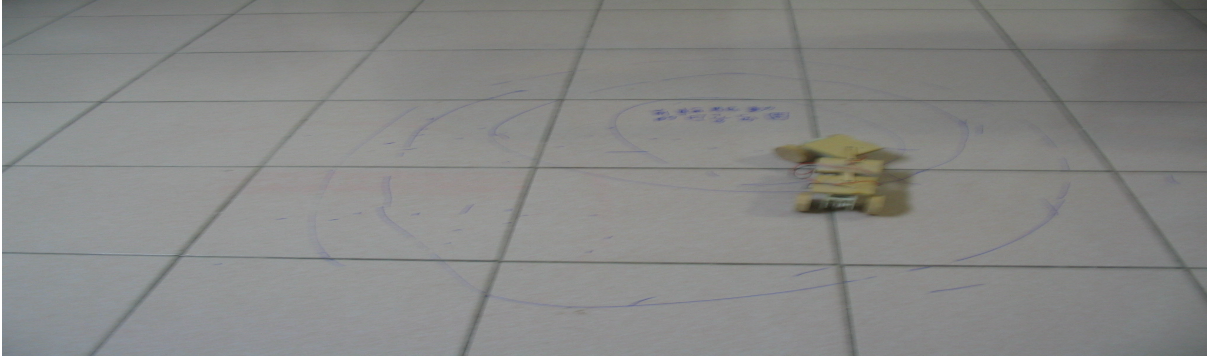
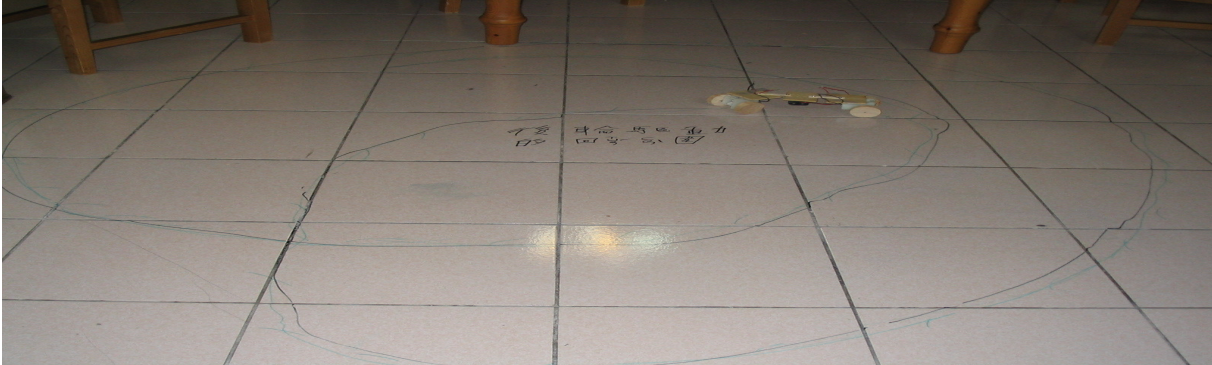
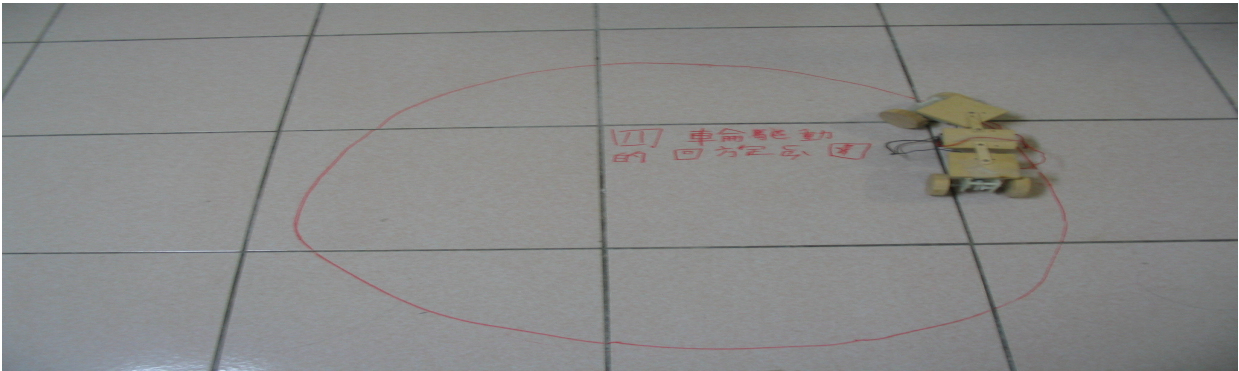
(四)、實驗 4

表五、各種不同電池盒連接方式的車子行進時間（秒）

路面性質：防滑路面							
坡度	電池盒連接方式	實驗次數					
0 度		1	2	3	4	5	平均
	電池串聯	2.02	2.06	1.82	1.8	1.95	1.93
	電池並聯	2.98	3.06	2.87	3.13	3.16	3.04
50 度		1	2	3	4	5	平均
	電池串聯	2.4	2.47	2.74	2.77	2.71	2.62
	電池並聯	5.4	5.02	5.04	5.27	5.49	5.24

- 發現：
- 1.當坡度越高時，車子行進時間越長。
 - 2.電池串聯的車子行進時間較短。

(五)、實驗 5

驅動方式	回旋範圍
前輪驅動	
後輪驅動	
四輪驅動	

圖五、各種不同驅動方式的轉彎軌跡

- 發現：1.前輪驅動的車子在第一圈轉彎時，回旋範圍較小，但是會漸漸改變質心位置，慢慢行進出螺旋狀的軌跡。
- 2.後輪驅動的车子在第一圈轉彎時，回旋範圍較大，也會漸漸改變質心位置，慢慢行進出螺旋狀的軌跡，而且比前輪驅動的车子的螺旋狀軌跡大很多。
3. 四輪驅動的车子回旋範圍最小，而且在第一圈之後能夠回到原來出發點。

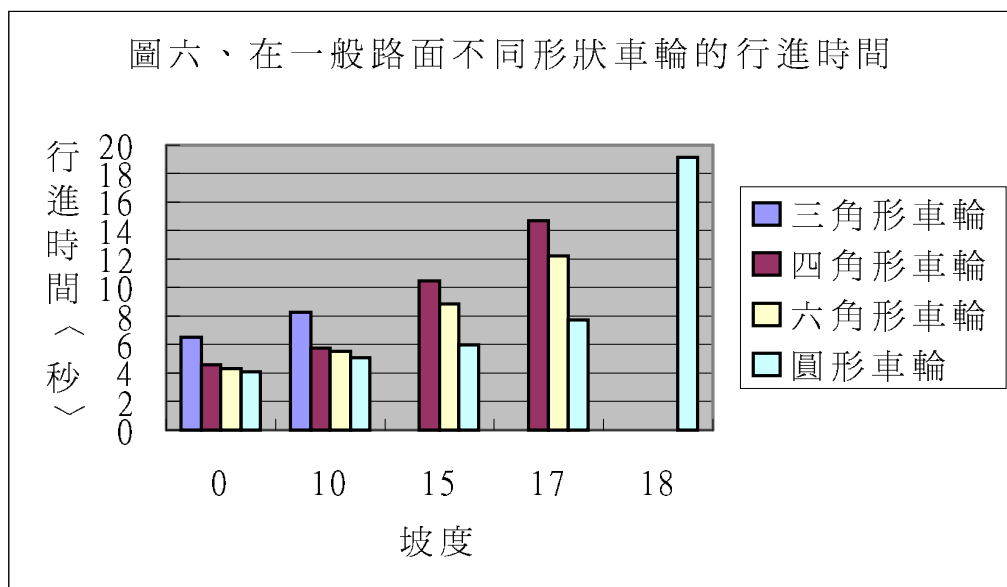
七、討論

(一) 實驗 1

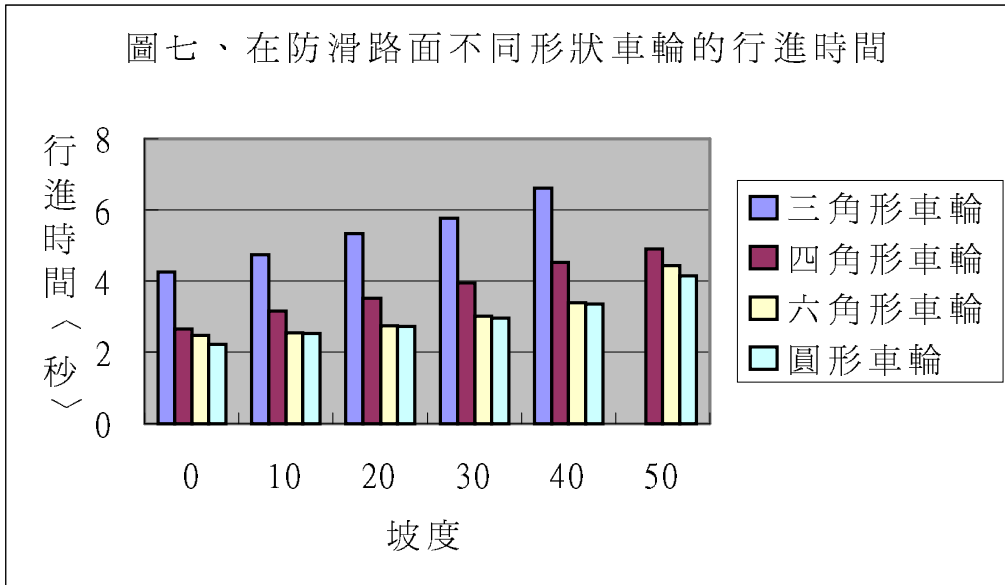
1. 我們發現除了車體設計必須非常精確之外，零組件之間的固定方式不能只靠熱融膠，因為這樣容易造成厚薄不均，使得車體結構受到影響而產生偏移。比較好的方式是先以螺絲鑽洞的方式固定，周邊再以塗上薄薄的熱融膠加強固定。
2. 直線前進是四輪車最重要的機能性，在接下來的每一次實驗中，如果車子產生偏離碰到道路兩旁木頭，則視為無效，必須重新測試。

(二) 實驗 2

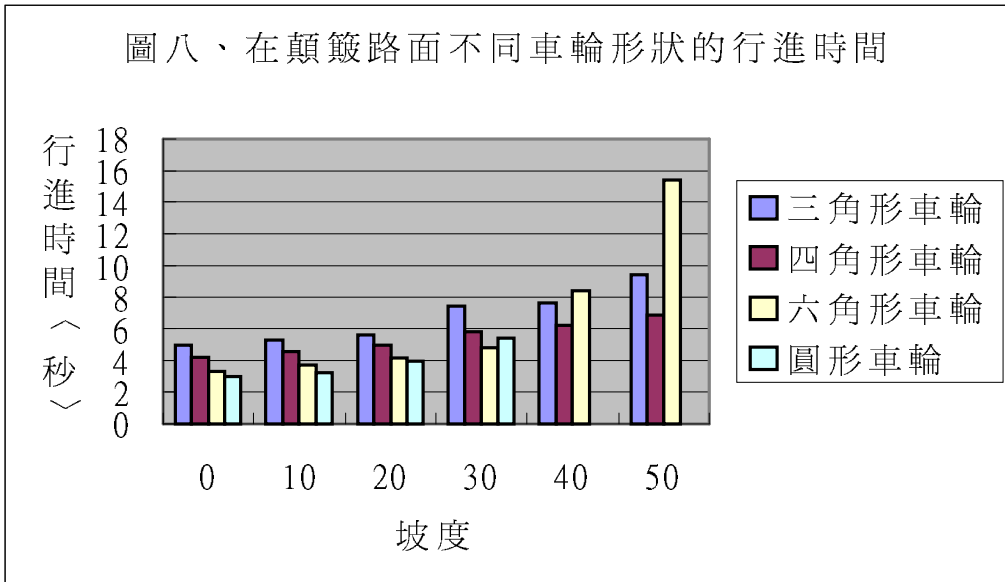
1. 我們發現在所有的路面（一般、防滑、顛簸）均呈現出坡度越高，車子行進的時間越長的趨勢，顯示「地心引力」因素的影響，也就是說當車子在爬坡時，必須反抗地心引力的吸引而減速，坡度越高，車子和地球之間的距離增加，地心引力對車子作負功使其動能減少，因此行進時間也越長。記得我們在探討「四輪車與小山坡」的文獻時，曾經發現當坡度越高時，越不容易停止下來，這和本實驗的差別在於：其車子行進的方向是往下，車子順著重力的吸引而加速，因此地心引力對車子作正功使其動能增加。綜合這兩個實驗結果，顯然當車子沿著斜坡往上行進時，其減少的動能並未喪失，而是以某種能量的形式儲存在「車子加地球」的系統內，當車子沿著斜坡往下行進時，這個能量再被釋放出來。



圖七、在防滑路面不同形狀車輪的行進時間

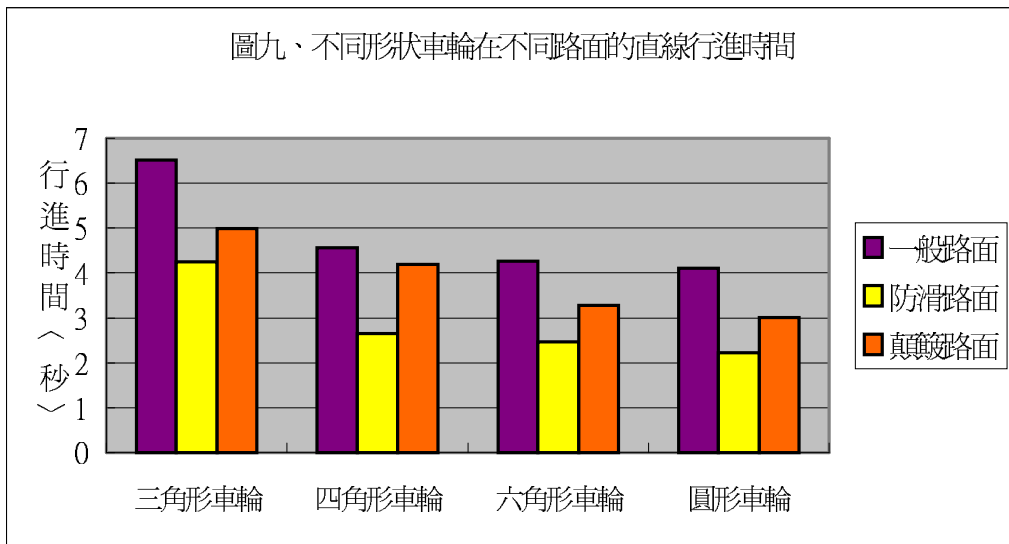


圖八、在顛簸路面不同車輪形狀的行進時間

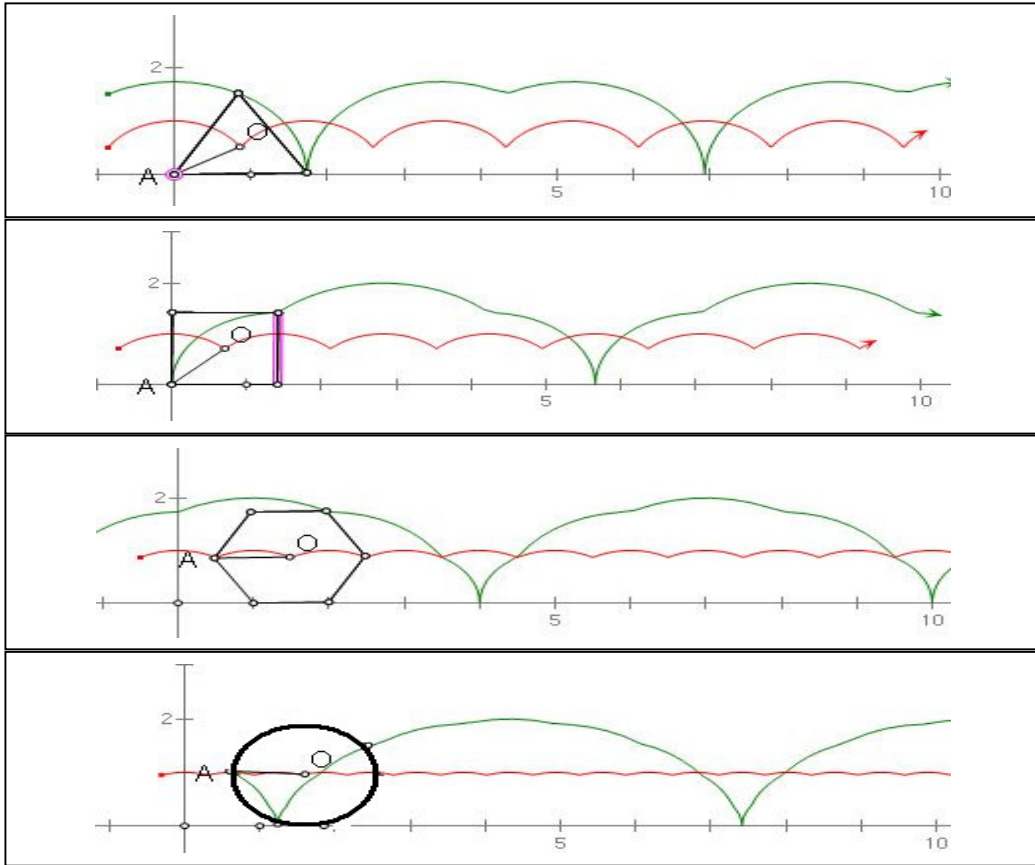


2. 我們再將不同形狀的輪胎在不同路面的直線前進結果整理成直條圖，發現在三種不同的路面中（一般、防滑、顛簸），越接近圓形車輪的車子行進時間越短。

圖九、不同形狀車輪在不同路面的直線行進時間

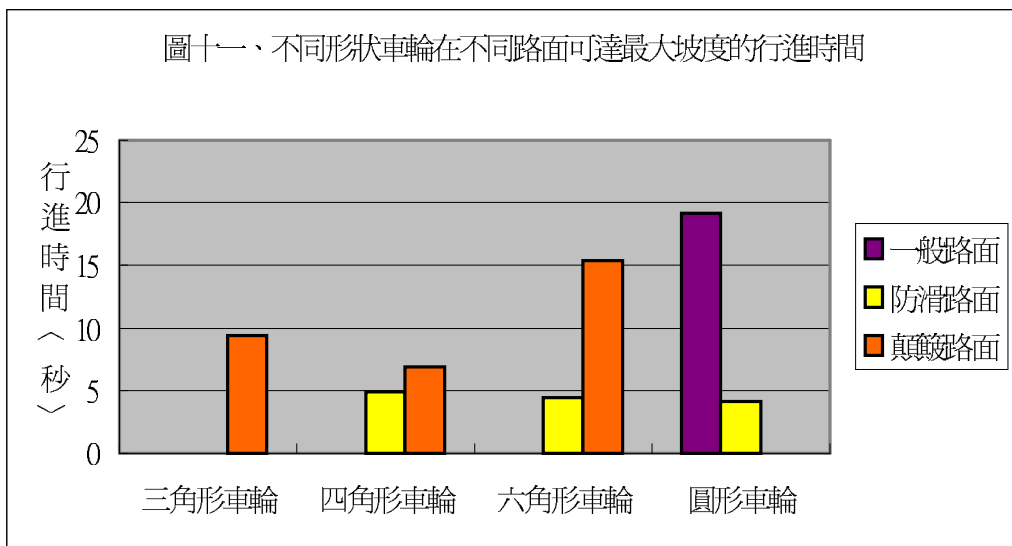


3. 在實驗中我們發現到一個有趣的現象，除了配置圓形車輪之外，配置其他形狀車輪的車子在行進時都會明顯出現上下起伏的現象，我們將其運動軌跡畫下來，發現越接近圓形的輪子，其質心向前移動的軌跡（紅線表示）越趨近於直線。當車子在行進時，上下起伏的幅度可能會消耗其往前進的動能，因此起伏幅度最小的圓形車輪行進時間最短，起伏幅度最大的三角形車輪行進時間最長。



圖十、不同形狀車輪在直線前進時的運動軌跡

4. 接著我們來比較在不同路面中不同形狀的車輪的爬坡機能性(以其路面車子可達最大坡度的行進時間來進行比較)，發現在一般路面中，圓形車輪可以達到最大坡度；在顛簸路面中，反而只有圓形車輪無法達到最大坡度。而在防滑路面上，除了三角形車輪爬不上去之外，其餘形狀的車輪行進時間是各種路面中最短的。



5. 在防滑路面上行進時間較短，可能是由於止滑墊上有許多凹凸凸凸的小點，這些小點和車輪之間形成比較緊密的相勾相扣的現象，當車子前進時，車輪和路面間會產生摩擦接觸以獲得良好的牽引力。針對防滑路面，我們另外設計了三種輻射狀車輪，發現輻條相間 120 度的車輪直線前進平均時間 3.62 秒，最大爬坡平均時間 7.50 秒；輻條相間 90 度的車輪直線前進平均時間 3.24 秒，最大爬坡平均時間 5.10 秒；輻條相間 60 度的車輪直線前進平均時間 2.77 秒，最大爬坡平均時間 4.92 秒。這樣的結果一方面是越接近圓形的輪子，其質心向前移動的軌跡越趨近於直線；另外則是輻條間距越密集的車輪因接觸摩擦而產生的牽引力也越大。
6. 在一般路面時，由於路面比較平滑，所以各種車輪均無法爬上超過 20 度的斜坡。
7. 在一般路面和防滑路面上，圓形車輪的爬坡時間比其他形狀的車輪來得短，我們發現圓形車輪滾動的情形比較順暢，而其他形狀的車輪滾動的比較不順暢，甚至會出現明顯的上下滑動現象，造成行進時間較長，甚至無法爬上該路面車子可達之最大坡度。
8. 在顛簸路面時，三角形和四角形的車輪爬坡時間較短，我們發現在顛簸路面的層層突起之間剛好形成一道一道相間約 3cm 的溝槽，這樣的寬度接近於三角形和四角形的車輪，因此其車輪底面和路面的契合程度較佳，在車子行進時可以提供良好的牽引力。正如圖十輪子頂點的運動軌跡（綠線標示），三角形和四角形車輪的擺線比較契合顛簸路面。

（三）實驗 3

1. 當馬達串聯時，行進時間明顯變慢，而且如果其中一個馬達的線路斷落，整台車子就完全不會動了。
2. 當馬達並聯時，兩個馬達的轉速沒有變慢，如果其中一個馬達的線路斷落，另一個馬達仍然會轉動，整台車子會好像是只有兩個車輪（前輪或是後輪）在驅動車子行進，而另外兩個輪子好像完全鎖死一般被驅動輪拖著滑動。

（四）實驗 4

1. 電池串聯型式的車子行進時間比較短，但是電池的電力消耗很快，而且在行進時如果其中一個電池彈跳出來，整台車子就沒有辦法動了。
2. 電池並聯型式的車子行進時間接近於單一電池盒的情形，但是在連續實驗中不像單一電池盒有明顯的電力耗弱的情形。如果在行進時其中一個電池彈跳出來，整台車子仍會繼續前進。
3. 我們發現兩個馬達和兩個電池盒之間的最佳組合是：將馬達並聯再連接上串聯的電池盒線路。
4. 電池盒配置方式也會影響車子的爬坡機能，我們發現將重心配置在後面的情況下，行進時前輪會翹離路面，導致翻車，無法爬上 50 度斜坡，只能爬上 49 度斜坡（平均時間 8.65 秒）。將重心配置在中間的情況下，行進時間最短（平均時間 6.86 秒）；將重心配置在前面的情況下，行進時間最長（平均時間 9.58 秒）。

（五）實驗 5

1. 當車子前進時，前輪負責轉彎操控，如果前輪完全煞住，只能以滑動的方式由後輪驅動，則車子回旋半徑會很大，而且會出現打滑現象。
2. 如果是後輪完全煞住，只由以滑動的方式由前輪驅動，則車子回旋半徑會較小，也會出現打滑現象。
3. 四輪驅動的情況下，車子回旋半徑不會太大，而且穩定不會打滑。

八、結論

- （一）、由於四輪車和路面的接觸摩擦，容易造成車輪的偏移，建議駕駛人必須定期檢測車輛直線前進機能性。
- （二）、當車子爬坡時，由於地心引力的影響，會產生減速作用。如果重心位置落在後面，則會產生前輪翹離地面的現象，容易翻車。建議經常行駛山路的駕駛人在後車廂不要堆置太多物品。
- （三）、實驗發現在不同路面輪胎形狀會影響行車效能，建議駕駛人在不同路面應該採取不同的胎壓，使車輪和路面的契合程度提高，在車子行進時可以提供良好的牽引力。
- （四）、使用動力系統並聯、電力系統串聯的方式可以使四輪車行進的更快。
- （五）、建議駕駛人在使用煞車時不要直接將車輪完全鎖死，不然會產生車輪打滑，車體搖擺的現象。

九、參考資料及其他

（一）、圖書

1. 國民小學自然課本第十一冊（六上）
改編本七版，台北市，國立編譯館，p58-67，中華民國 89 年
2. 自然與生活科技（四下）
第二修定版，台北縣，康軒文教事業股份有限公司，p52-64，中華民國 93 年。

（二）、網站

中華創意發展協會，www.cdda.org/pt2003