

屏東縣第 62 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：看「你」往哪兒鑽？！

關 鍵 詞：氣球動力車、作用力

編號：A2008

看「你」往哪兒鑽？！

摘 要

這幾年環保綠能是很熱門的議題，除了現在馬路上常見的電動車之外，我們找到空汽車的相關報導和影片，對於這個主題很有興趣。老師提供我們學長組裝的氣球動力車，從試玩成品當中，我們發現這個主題實在太有趣了！所以我們想要自己動手試試看。「風力」是再生能源的一種，那麼風力的源頭「空氣」，在動力車行駛過程中會有哪些有趣的事發生呢？我們決定以吸管動力車為原型，再加入自己的想法改造，從過程中了解空氣動力車的行走原理，在車身材質為輕材質、車體總重量控制於 50 公克和打氣量 10 下可以有最佳運動速度與距離表現。

關 鍵 詞：氣球動力車、作用力

壹、 研究動機

最近最熱門的話題就是蘇烏戰爭，社會老師特地提出來讓我們討論，加油站排著長長車龍，國際政治局勢不穩定，反應在日常生活中就是油價又再次飆漲，國際油價來到 100 美元！國際局勢加上這兩年內很熱門的電動車議題，我們想從著手了解空氣作為有效動力來源的可能性。

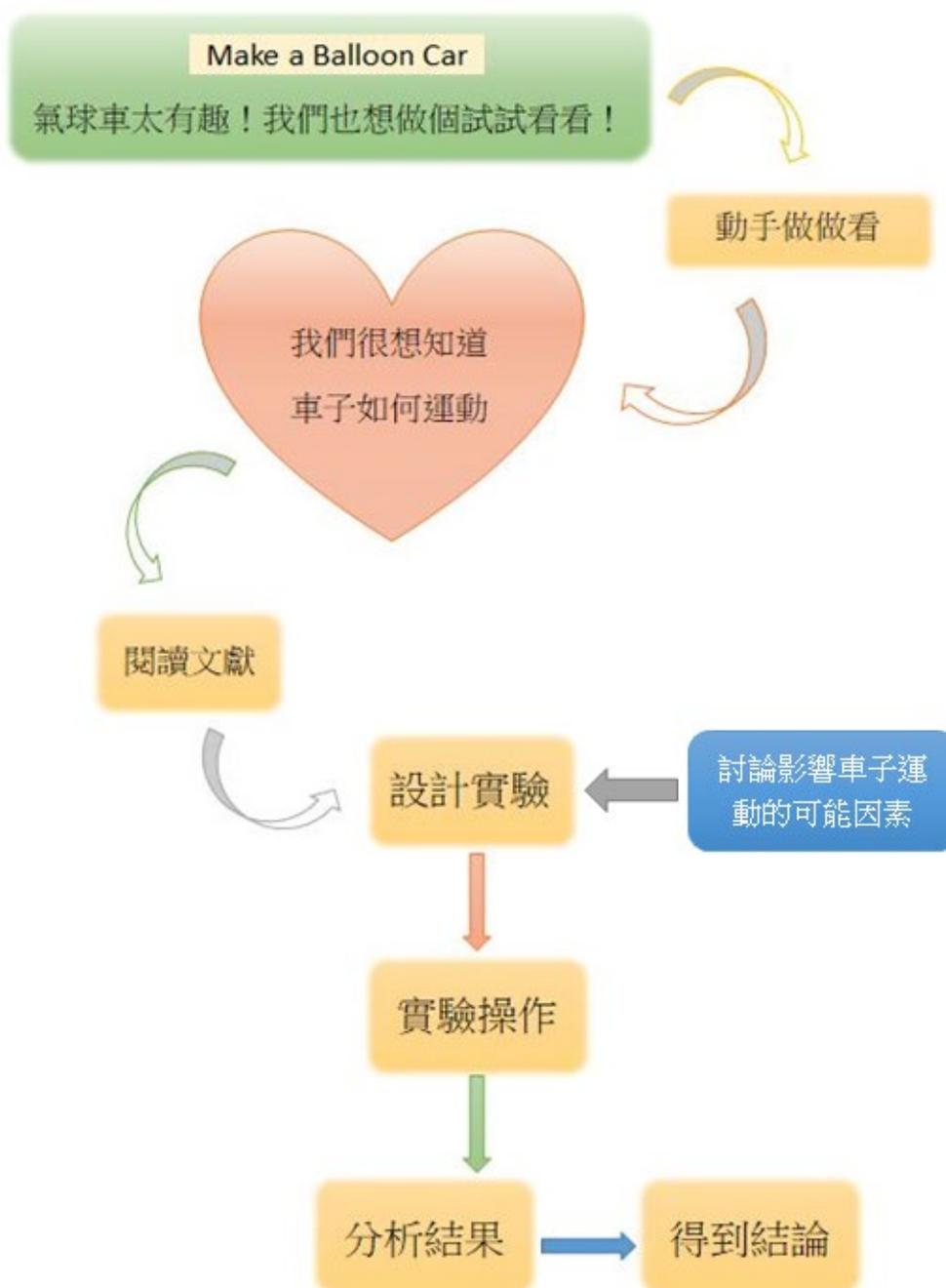
貳、 研究目的

- 一、 瞭解氣球動力車行進方式與原理。
- 二、 透過空氣動力的探討瞭解影響空氣車行進因素的變化：
 - (一) 影響車子運動速度的因素。
 - (二) 不同材質車體對車子運動速度的影響。
 - (三) 不同重量車體對車子運動速度的影響。

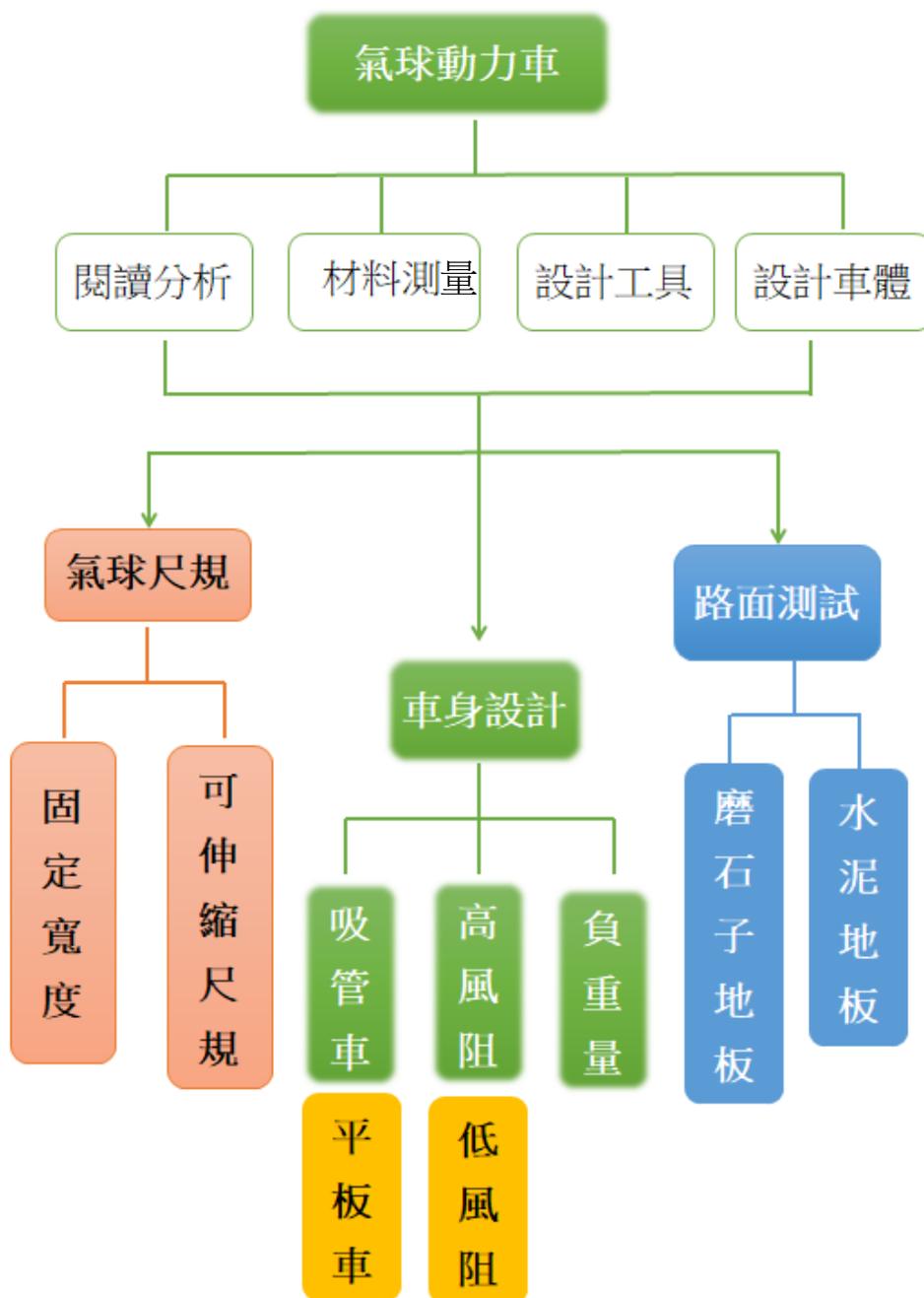
參、 研究設備與材料

- (一) 製作車身材料：300 磅西卡紙、市售粗細塑膠吸管數包、製作文具用品如剪刀、美工刀、圓規刀等。
- (二) 計算繪圖工具：A4 紙張、計算機、筆、圓規、長短直尺、紀錄本。

肆、 研究過程



伍、研究架構圖



陸、研究過程

一、 依據理論及原理

初始構想源自於上學期社團課「廢柴小車」(Nerdy Derby)。課程結束後我們興致高昂，想繼續做異材質廢柴小車，便找了幾個夥伴開始玩起來。廢柴小車源自於紐約 Maker Faire，聚集大小朋友動手做小車在立體賽道上玩，非常有趣！組員中有人喜歡蒐集紙箱，加上學長送給我們的舊款空氣車，就成為我們異材質拼接改造的開端。

(一) 氣球動力車

這是以空氣為動力的小車，不需要汽油，可說是清潔能源的代表產物。蓋伊·尼格設計的空汽車與一般汽車相似，差別在於排氣管排出的是冷空氣，利用壓縮空氣產生動能，造型線條也較一般的圓，較像概念車。

(二) 作用力與反作用力

物體間的交互作用總是有一對大小相等、方向相反的力存在。把氣球和車當作一個系統來看，氣球被擠壓出來的空氣排出時，空氣也對車產生向前的反作用力。促使車子往前推移。這對我們的啟發是，空氣對車子產生推力讓車子向前移動。而車子往前移動的同時，輪胎對地面也有作用力、地面對輪胎則有反作用力，因此地面材質可能造成小車運動時因為摩擦力的不同而有不同表現。

(三) 速度與速率的概念

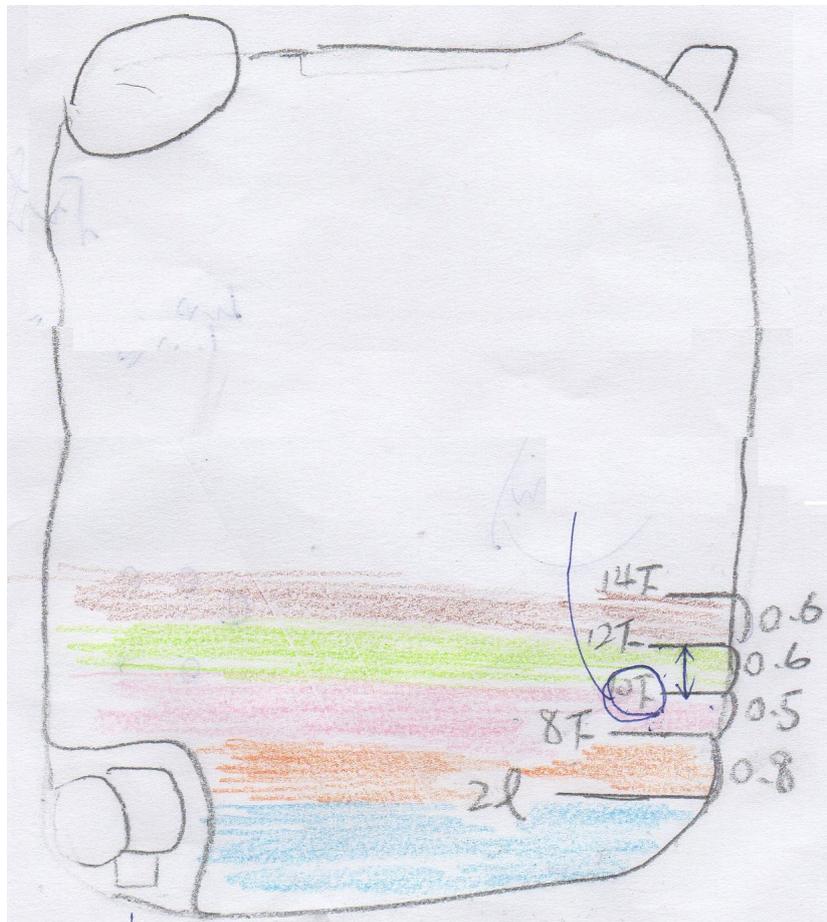
在日常生活談話中，速度和速率常任意交換使用，但在物理學卻有差別。

速率用來描述一個物體運動的快慢，速度則是指已知方向上的速率。

二、 設計與實驗

【設計】自製氣球尺規作為打氣量參考

我們發現測量氣球大小的作法有用水測量、用積木代換等測量方法。



【準備】儲水桶 20 公升一只、尺、麥克筆、紀錄紙。

【做法】首先我們準備 20 公升儲水桶，桶內裝入 2 公升水量並加以標記。將圓形氣球和打氣筒伸入桶內，每次打氣完立刻標示桶身水上升線，利用兩次上升線高度差乘以底面積換算出體積。

打氣次數和每兩次測量的高度差如下：

打氣次數(下)	8	10	12	14	平均值
高度差(公分)	0.8	0.5	0.6	0.6	0.625

【發現】 每次高度差都不一樣，得到的體積沒有隨著打氣次數穩定增加。

【原因探討】 可能是氣球有彈性，每次打氣過後沒有完全將空氣排除，所以第 2 次到第 4 次的體積明顯比第一次少；也可能測量時有誤差，所以需要再改進測量氣球體積量的方法。

【修正做法】 嘗試過傳統方法之後，決定要自己製作氣球尺規，針對我們的氣球動力車設計出可以測量適合使用大小的尺規。

【初始想法】 這是一個關於氣球大小的猜想。組員拋出像量頭圍、腰圍一樣的方法，打 1 下、2 下...到 10 下，繞著氣球最寬的地方量一圈。這個方法有趣，我們分別將長型氣球、橢圓型氣球打氣後，用軟皮尺繞氣球一圈記錄下來，發現每次數字都不一樣！

【改良】 為了讓每次測量結果一致，我們想到設計一個框框，把打飽氣的氣球放在中央，利用可移動式軌道推動固定樁之後，就可以得到氣球的寬度。我們把這個寬度設為氣球的大小，一定的打氣量可以得到相對的數值，這就是我們接下來測量車子跑動行走狀態的基礎。

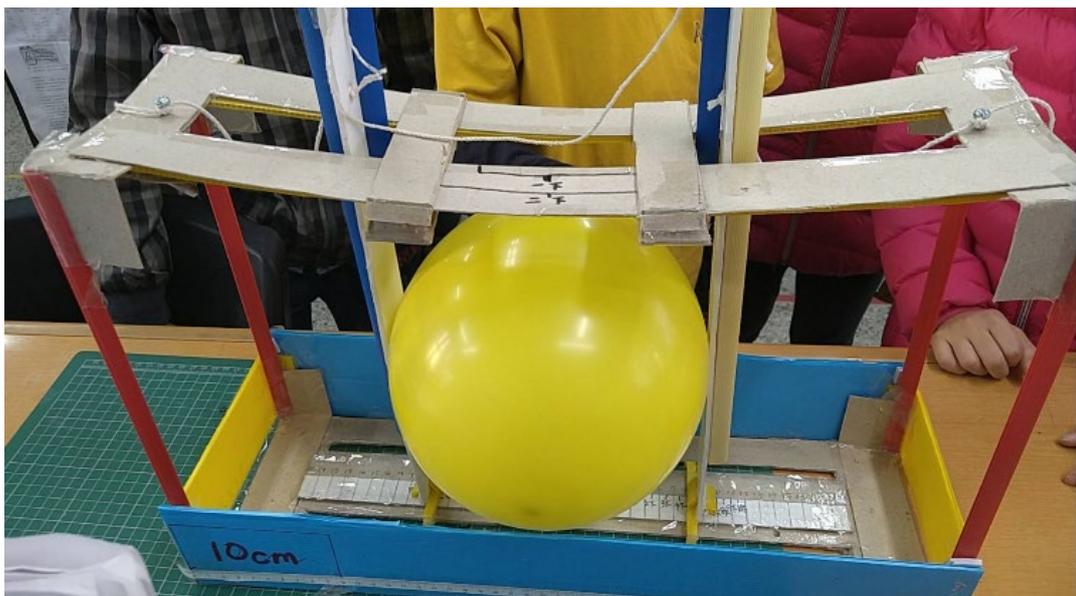
【製作過程】

準備材料

PP 版
上膜美術紙板
彩色塑膠資料套邊夾
棉繩、泡棉、膠帶
透明膠片
金屬螺絲組
300 磅厚紙板

製作尺規

1. 依據尺規長、寬、高裁剪厚紙板
2. 黏貼底座
3. 先製作尺規軌道，並於軌道兩側貼上膠帶方便測量支架左右移動
4. 寬度單位劃記後將量尺黏貼於底座
5. 由下向上依序黏貼尺規安裝尺規
6. 尺規四支腳柱以金屬螺絲鎖緊
7. 兩側端點以棉繩綁住塑膠平移條
8. 左右移動測試平移條是否能在軌道上移動
9. 調整後測試 6 次確認數值一致



實驗一 動手製作吸管動力車和平板車，了解不同材料對車子行走的影響。

【第一階段】

(一) 可不可「行」—測試車身部件能不能讓車子行走

1. 吸管車身

我們根據網路搜尋到的吸管車比較是否影響吸管車行進速度。在比較之前我們先確認吸管車是可行的裝置，於是動手組裝後試跑，發現吸管車確實會往前迅速移動，而且平均距離接近五公尺，讓我們欣喜雀躍!

次數	1	2	3	4	5	6	平均值
距離 cm	502.2	485.1	482.7	454.7	488.4	468.9	480.33

測試一週之後，我們想試試看不同的吸管會不會因為材質光滑程度影響進氣量，連帶影響汽車行進速度。我們發現車子行走時間不一樣，於是老師建議我們測量距離外，加上測量行車時間。此外我們還發現在教室裡的磨石子地板試車時，因為教室地面有些許傾斜，所以注意到上下坡的距離會不一樣。

【決定測試地點】測試紙吸管車時，我們選定西棟教室的走廊，順著廊道讓小車由北向南跑。



紙吸管車—固定車長比較

磨石子	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	平均值
距離	315.8	392.5	366.1	247	283.3	314.9	319.93
時間	5.65	5.78	5.96	4.32	4.87	3.47	5.01
速度 公分/秒	55.89	67.91	61.43	57.18	58.17	90.75	65.22

2. 金屬輪軸

原本的設計是用木材當作輪軸，我們想替換為金屬輪軸，試試看對於車子行進穩定度有沒有影響。



塑膠吸管包覆紙吸管輪軸



木材輪軸



車身底部

翻轉車身



接下來就是金屬輪軸的試車狀況囉！

次數	1	2	3	4	5	6	平均值
距離 (公分)	343.50	322.0	404.0	496.10	496.50	510.20	428.72
時間 (秒)	6.60	5.09	2.75	4.85	6.06	4.84	5.03
速度 公分/秒	52.05	63.26	146.91	102.29	81.93	105.41	91.97

【結果】不穩定。

【討論】路面上的汽車是金屬車身，所以我們猜想金屬輪軸應該會比木材輪軸來得穩定吧！結果不如預期。我們不確定速度起伏不定的原因，所以接下來的實驗還是維持金屬輪軸。

(二)風阻高低比較

我們設計不同車身，比較車子行車速度是否會受到車身設計的影響。



實測得到高風阻在磨石子地板的實測數據

磨石子路面上的高風阻車

實測次數	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	平均值
距離	145.2	99	90.1	68	148.3	68.6	103.2
時間	4.28	3.04	3	4.25	5.14	3.06	3.80
速度 (公分/秒)	33.93	32.57	30.03	16	28.85	22.42	27.30

【結果】車身設計在光滑路面行駛，速度上有明顯差異。

磨石子路面上的低風阻車

實測次數	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	平均值
距離	336.1	357	612.4	477.3	500.1	596.9	479.97
時間	5	5.43	7.65	6.65	6	6.38	6.19
速度 (公分/秒)	67.22	65.75	80.05	71.77	83.35	93.56	76.95

水泥地路面的高風阻車

實測次數	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	平均值
距離	68.1	47.2	59	55.3	69.2	88.2	64.50
時間	4.13	3.42	3.16	3.92	3.68	3.6	3.65
速度 (公分/秒)	16.49	13.80	18.67	14.11	18.80	24.5	15.77

水泥地路面的低風阻車

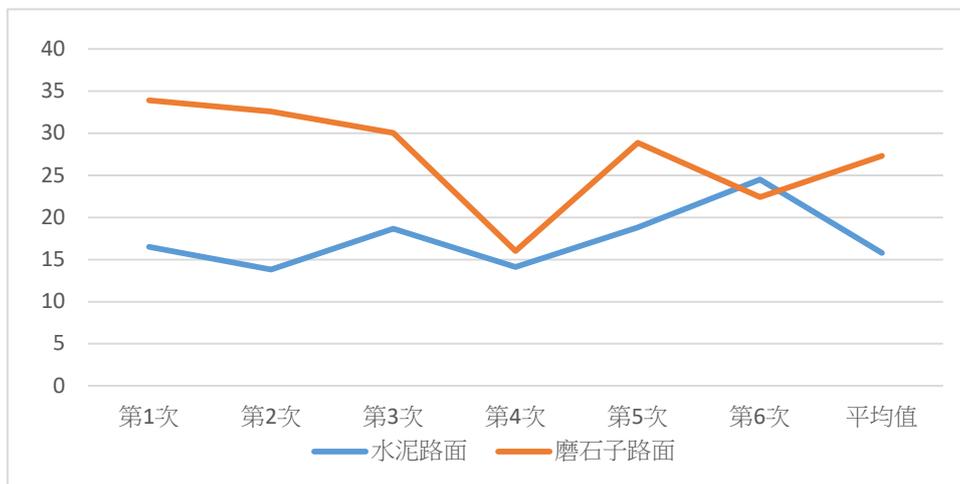
實測次數	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	平均值
距離	302.4	311.7	353.9	516.1	436	641.6	426.95
時間	4.37	4.06	4.53	7.44	5.38	8.16	5.66

速度 (公分/秒)	69.20	76.77	78.12	69.37	81.04	78.63	75.52
--------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

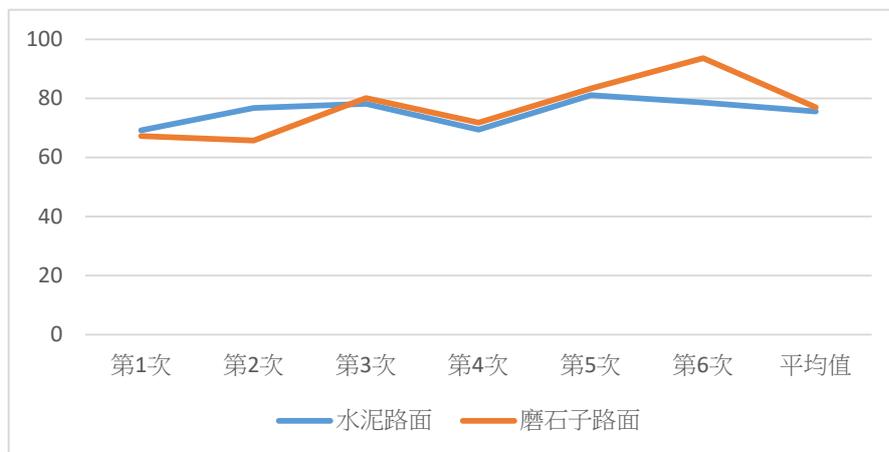
我們進一步問：「那麼同一種車身在不同路面上的速度表現差異有多大呢？」

【不同路面比較一】

高風阻車行車似乎不穩定，數據起伏大。整體來說磨石子地板表現較水泥地板好。但水泥地板的行車穩定度比磨石子好，我們認為是地板的摩擦力較大，增加了輪胎滾動穩定度。



【不同路面比較二】低風阻車比較



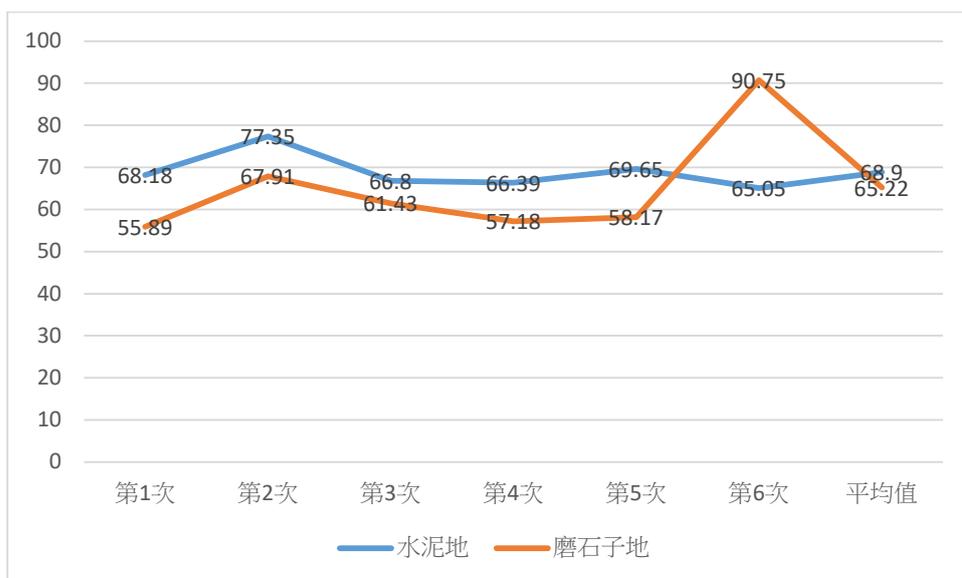
【討論】高風阻車因為接觸空氣面較大，如果在粗糙面行走，確實可以造成空氣阻力和地板摩擦力讓車子行進速率變低，卻相對穩定。

(三) 不同路面材質比較

增加不同車身在水泥地板測試比較，我們設計了高車身和低車身，想比較在同樣環境下，風力、地面材質一樣的情形下，高低車身設計會不會影響車子的行車速度。

1. 測試地面：水泥鋪面地板，測試地點：教室外的天橋。
2. 測試地面：磨石子鋪面地板，測試地點：教室相鄰棟走廊。

比較一：紙吸管車在兩種地面上行走速度比較



比較二：平板車在兩種地面上行走速度比較

我們在幾次實測及目測結果，覺得平板車跑起來結果最好。大家討論得開心，老師卻說憑個人感覺過於主觀，幾次測量似乎不足以精確表現出車子實際運動狀態，建議我們嘗試分析軟體。所以我們挑選組員公認最穩定的平板車試試看，比較不同路面的行車速度及穩定度。這次我們利用平板電腦拍照後將影像檔以 Tracker 分析。

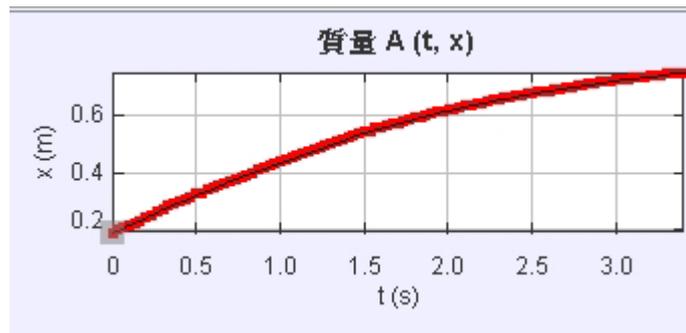
- 1.水泥地板和磨石子地板各測試 6 次。
- 2.打氣量 10 下。
- 3.以碼表計時，平板電腦攝影後分析。



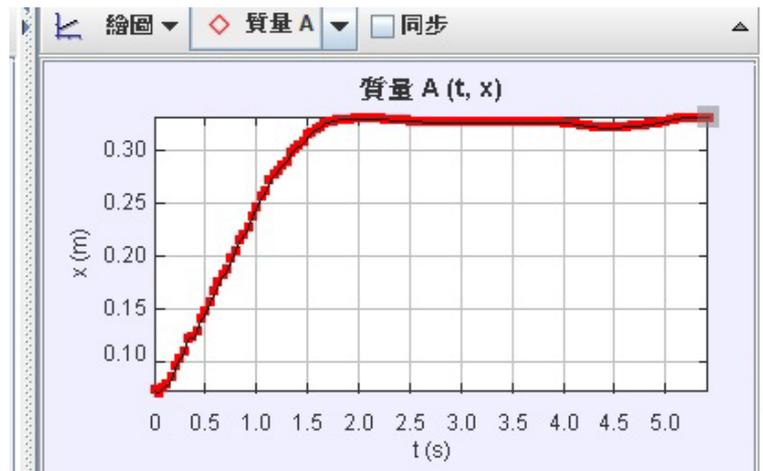
目測以美術紙板製作的平板車跑起來最穩定也最遠！

路面材質	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	平均值
水泥地	764.4	657.7	801.1	768.5	670.3	524.3	697.72
磨石子地	443.5	445.5	493.1	474.6	498.5	522	479.53

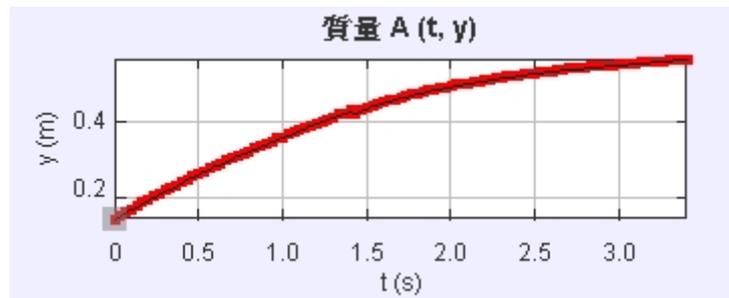
磨石子地板



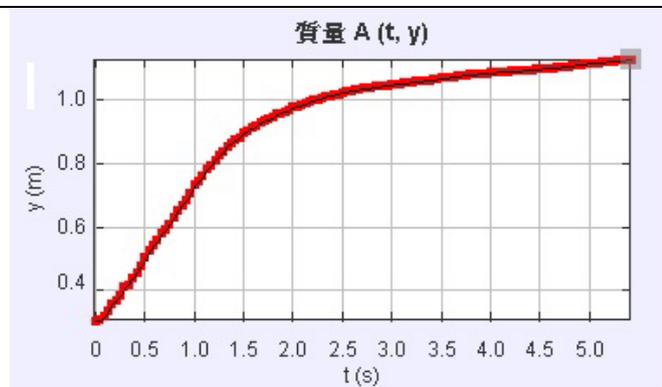
水泥地板



磨石子地板



水泥地板



我們的平板車遇上水泥地板時會有起步延遲現象。

【磨石子地板】分析結果

t (s)	v (m/s)	y (m)	x (m)	a (m/s ²)
0.000		0.142	0.191	
0.033	0.378	0.153	0.199	
0.067	0.372	0.162	0.207	1.051
0.100	0.350	0.168	0.218	0.771
0.133	0.342	0.176	0.226	0.444
0.167	0.366	0.185	0.233	1.021
0.200	0.390	0.192	0.244	0.487
0.233	0.395	0.201	0.254	0.517
0.267	0.378	0.210	0.263	0.945
0.300	0.361	0.218	0.273	0.743
0.333	0.357	0.223	0.283	1.147
0.367	0.352	0.231	0.293	1.393
0.400	0.331	0.241	0.299	0.264
0.433	0.326	0.248	0.307	1.222
0.467	0.354	0.255	0.315	0.373
0.500	0.308	0.262	0.325	0.559
0.533	0.300	0.269	0.331	0.390
0.567	0.350	0.277	0.339	0.850
0.600	0.335	0.283	0.349	0.534
0.633	0.309	0.290	0.357	0.613

t (s)	v (m/s)	y (m)	x (m)	a (m/s ²)
0.600	0.335	0.283	0.349	0.534
0.633	0.309	0.290	0.357	0.613
0.667	0.309	0.296	0.365	0.339
0.700	0.302	0.303	0.373	0.363
0.733	0.287	0.310	0.380	0.200
0.767	0.295	0.315	0.388	0.187
0.800	0.300	0.322	0.395	0.472
0.833	0.307	0.329	0.402	0.655
0.868	0.280	0.336	0.411	0.230
0.902	0.284	0.340	0.417	0.647
0.935	0.308	0.348	0.426	5.936E-2
0.968	0.274	0.355	0.432	0.699
1.002	0.266	0.360	0.440	0.216
1.035	0.281	0.366	0.446	0.365
1.068	0.290	0.373	0.453	0.554
1.102	0.280	0.379	0.461	0.103
1.135	0.284	0.384	0.468	0.477
1.168	0.260	0.391	0.475	0.470
1.202	0.241	0.395	0.481	0.151
1.235	0.275	0.400	0.488	0.538

表格資料 ▾ 質量 A ▾ $\frac{1}{3}$

t (s)	v (m/s)	y (m)	x (m)	a (m/s ²)
1.202	0.241	0.395	0.481	0.151
1.235	0.275	0.400	0.488	0.538
1.268	0.279	0.407	0.495	0.228
1.302	0.281	0.413	0.502	0.577
1.335	0.263	0.419	0.510	0.212
1.368	0.254	0.423	0.516	3.465
1.402	0.275	0.430	0.523	0.283
1.435	0.254	0.422	0.534	2.077
1.468	0.286	0.433	0.539	3.148
1.502	0.225	0.437	0.546	1.548
1.535	0.234	0.443	0.550	0.354
1.568	0.220	0.447	0.558	0.645
1.602	0.182	0.453	0.561	0.312
1.635	0.204	0.456	0.566	0.625
1.668	0.213	0.460	0.573	0.282
1.702	0.196	0.464	0.578	0.362
1.735	0.196	0.468	0.583	0.123
1.768	0.196	0.472	0.588	0.531
1.802	0.193	0.476	0.593	0.313
1.835	0.181	0.478	0.599	0.251

t (s)	v (m/s)	y (m)	x (m)	a (m/s ²)
1.802	0.193	0.476	0.593	0.313
1.835	0.181	0.478	0.599	0.251
1.868	0.187	0.482	0.604	0.142
1.902	0.180	0.486	0.609	0.150
1.935	0.173	0.488	0.614	0.338
1.968	0.169	0.492	0.619	0.312
2.002	0.154	0.495	0.623	0.404
2.035	0.161	0.498	0.627	0.332
2.068	0.162	0.500	0.633	0.113
2.102	0.153	0.502	0.637	0.425
2.135	0.148	0.505	0.641	0.232
2.168	0.139	0.508	0.645	0.270
2.202	0.132	0.510	0.649	0.182
2.235	0.128	0.512	0.653	4.594E-2
2.268	0.131	0.515	0.657	8.351E-2
2.302	0.127	0.517	0.661	8.157E-2
2.335	0.124	0.519	0.664	5.436E-2
2.368	0.130	0.521	0.668	0.311
2.402	0.137	0.523	0.671	0.140
2.435	0.130	0.525	0.676	0.333

表格資料 ▾ ◊ 質量 A ▾ $\frac{1}{3}$

t (s)	v (m/s)	y (m)	x (m)	a (m/s ²)
2.402	0.137	0.523	0.671	0.140
2.435	0.130	0.525	0.676	0.333
2.468	0.111	0.527	0.679	0.371
2.502	0.117	0.529	0.682	0.153
2.535	0.116	0.531	0.685	0.401
2.568	9.765E-2	0.533	0.689	0.374
2.602	0.113	0.534	0.692	0.508
2.635	0.123	0.535	0.696	0.446
2.668	0.122	0.538	0.698	0.556
2.702	9.896E-2	0.540	0.702	0.772
2.735	9.515E-2	0.542	0.704	0.301
2.768	0.100	0.542	0.708	0.299
2.802	9.931E-2	0.543	0.710	0.335
2.835	9.557E-2	0.545	0.714	0.262
2.868	9.431E-2	0.546	0.716	0.171
2.902	0.111	0.547	0.720	0.109
2.935	8.420E-2	0.549	0.723	0.285
2.968	8.629E-2	0.549	0.725	8.484E-2
3.002	9.406E-2	0.551	0.728	0.302
3.035	7.559E-2	0.552	0.731	0.319

3.035	7.559E-2	0.552	0.731	0.319
3.068	7.339E-2	0.554	0.733	0.300
3.102	8.682E-2	0.554	0.735	0.329
3.135	9.789E-2	0.556	0.738	0.250
3.168	7.366E-2	0.558	0.741	0.577
3.202	5.717E-2	0.559	0.742	0.183
3.235	6.830E-2	0.559	0.744	0.522
3.268	8.875E-2	0.561	0.746	0.693
3.302	0.114	0.562	0.749	0.572
3.335	6.563E-2	0.565	0.753	0.724
3.368	4.361E-2	0.564	0.754	
3.402		0.566	0.755	

【水泥地板】分析結果

t (s)	v (m/s)	a (m/s ²)
0.000		
0.042	0.151	
0.083	0.368	4.444
0.125	0.503	1.430
0.167	0.457	1.557
0.208	0.401	0.626
0.250	0.516	0.287
0.292	0.448	0.770
0.333	0.404	1.044
0.375	0.469	1.654
0.417	0.504	1.546
0.458	0.582	1.221
0.500	0.588	0.931
0.542	0.522	1.756
0.583	0.448	0.484
0.625	0.490	0.733
0.667	0.463	0.529
0.708	0.416	0.451
0.750	0.471	1.888

表格資料 ▾ ◇ 質量 A ▾		
t (s)	v (m/s)	a (m/s ²)
0.750	0.471	1.888
0.792	0.566	0.414
0.833	0.513	1.729
0.875	0.382	0.594
0.917	0.481	2.557
0.958	0.623	0.592
1.000	0.539	2.384
1.042	0.392	0.446
1.083	0.495	0.365
1.125	0.465	0.868
1.167	0.357	1.862
1.208	0.363	0.565
1.250	0.290	0.724
1.292	0.398	0.547
1.333	0.394	1.333
1.375	0.235	2.274
1.417	0.215	0.886
1.458	0.302	0.529
1.500	0.294	1.050

表格資料 ▾ ◇ 質量 A ▾		
t (s)	v (m/s)	a (m/s ²)
1.500	0.294	1.050
1.542	0.181	1.648
1.583	0.162	0.683
1.625	0.233	0.271
1.667	0.210	0.902
1.708	0.127	1.153
1.750	0.131	0.795
1.792	0.182	0.262
1.833	0.174	0.652
1.875	0.104	0.824
1.917	0.110	0.716
1.958	0.163	0.265
2.000	0.149	0.564
2.042	9.569E-2	0.704
2.083	9.816E-2	0.444
2.125	0.129	0.180
2.167	0.125	0.491
2.208	7.745E-2	0.690
2.250	6.880E-2	0.445

表格資料 ▾		
◇ 質量 A ▾		
t (s)	v (m/s)	a (m/s ²)
2.250	6.880E-2	0.445
2.292	0.113	0.286
2.333	0.107	0.366
2.375	6.844E-2	0.627
2.417	6.353E-2	0.367
2.458	8.983E-2	0.158
2.500	8.570E-2	0.252
2.542	5.206E-2	0.462
2.583	5.521E-2	0.235
2.625	6.635E-2	2.944E-2
2.667	6.390E-2	0.255
2.708	3.953E-2	0.384
2.750	3.195E-2	0.233
2.792	5.669E-2	0.128
2.833	5.337E-2	0.250
2.875	2.471E-2	0.281
2.917	3.242E-2	0.322
2.958	5.248E-2	0.180
3.000	5.124E-2	6.728E-2

表格資料 ▾		
◇ 質量 A ▾		
t (s)	v (m/s)	a (m/s ²)
3.000	5.124E-2	6.728E-2
3.042	4.126E-2	0.313
3.083	2.984E-2	3.305E-2
3.125	3.640E-2	8.679E-2
3.167	4.298E-2	6.722E-2
3.208	3.413E-2	0.222
3.250	2.987E-2	0.194
3.292	4.242E-2	0.121
3.333	4.841E-2	8.012E-2
3.375	3.794E-2	0.132
3.417	4.163E-2	0.211
3.458	5.003E-2	9.314E-2
3.500	4.993E-2	0.153
3.542	3.417E-2	0.255
3.583	2.977E-2	0.175
3.625	4.644E-2	0.159
3.667	4.882E-2	5.247E-2
3.708	4.023E-2	0.261
3.750	3.196E-2	5.689E-2

表格資料 ▾ ◇ 質量 A ▾

t (s)	v (m/s)	a (m/s ²)
3.750	3.196E-2	5.689E-2
3.792	3.007E-2	9.691E-4
3.833	3.718E-2	5.942E-2
3.875	2.494E-2	0.128
3.917	2.611E-2	0.198
3.958	4.147E-2	5.679E-2
4.000	3.025E-2	0.172
4.042	1.987E-2	0.129
4.083	2.682E-2	0.167
4.125	2.847E-2	2.904E-2
4.167	2.674E-2	7.298E-2
4.208	2.053E-2	0.113
4.250	1.823E-2	0.113
4.292	2.690E-2	0.129
4.333	3.225E-2	0.150
4.375	2.306E-2	0.207
4.417	2.098E-2	0.120
4.458	3.258E-2	0.165
4.500	3.752E-2	0.224

表格資料 ▾ ◇ 質量 A ▾

t (s)	v (m/s)	a (m/s ²)
4.500	3.752E-2	0.224
4.542	1.948E-2	0.142
4.583	2.081E-2	0.208
4.625	4.197E-2	0.173
4.667	3.434E-2	0.142
4.708	2.537E-2	9.360E-2
4.750	2.951E-2	0.262
4.792	4.183E-2	0.236
4.833	5.192E-2	0.103
4.875	4.593E-2	0.230
4.917	3.233E-2	0.181
4.958	4.799E-2	9.178E-2
5.000	4.788E-2	6.473E-2
5.042	3.214E-2	0.246
5.083	3.329E-2	0.159
5.125	4.001E-2	9.474E-2
5.167	4.330E-2	0.138
5.208	2.815E-2	0.222
5.250	2.715E-2	6.406E-2

t (s)	v (m/s)	a (m/s ²)
4.667	3.434E-2	0.142
4.708	2.537E-2	9.360E-2
4.750	2.951E-2	0.262
4.792	4.183E-2	0.236
4.833	5.192E-2	0.103
4.875	4.593E-2	0.230
4.917	3.233E-2	0.181
4.958	4.799E-2	9.178E-2
5.000	4.788E-2	6.473E-2
5.042	3.214E-2	0.246
5.083	3.329E-2	0.159
5.125	4.001E-2	9.474E-2
5.167	4.330E-2	0.138
5.208	2.815E-2	0.222
5.250	2.715E-2	6.406E-2
5.292	2.751E-2	0.133
5.333	3.366E-2	0.118
5.375	4.194E-2	
5.417		

柒、 研究結論

- 一、 氣球尺規實測後得到最適合小車的打氣量是 10 下。
- 二、 車身輪胎採用輪軸材質對小車行走影響低。
- 三、 高風阻車因為接觸空氣面較大，如果在粗糙面行走，確實可以造成空氣阻力和地板摩擦力讓車子行進速率變低，卻相對穩定。
- 四、 粗糙地面會讓小車起步時有延遲現象，平板車是低風阻設計，在光滑地面速度較粗糙面快且穩定度也高。

參考文獻 1.觀念物理小學堂。天下文化。

2. Nerdy Derby Car 廢材小車軌道競賽 <https://www.youtube.com/watch?v=ghGBYUjQYs>