

# 中華民國第 59 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學(二)科

第三名

032912

揭密「磁浮列車」

學校名稱：方濟會學校財團法人臺南市黎明高級中學  
(附設國中)

作者： 國二 陳柏諺	指導老師： 李世宗 曾健家
---------------	---------------------

關鍵詞：自製磁浮列車、永久磁鐵、地形起伏列車

## 摘要

從小，我就對磁鐵這種礦物感到新奇，而近幾年又出現一種利用電磁鐵的磁極變化來產生動力的交通工具----磁浮列車。所以我就上網蒐尋相關資料，結果卻意外的發現一整套的磁浮列車模組，因此我就針對它的各種模式加以變化，並將地形的變化融入研究中，做為這次的研究方向。在這次的實驗中，我探討了(1)磁軌排列方式及間距(2)車底磁鐵的排列方式、方向及間距(3)側面磁軌 NS 極、堆疊數目及間隔，並在最後將以上的最好變因融入高低起伏的地形中，做出一款只需些微動力就能向上、下滑行且效果最好的磁浮列車。

## 壹、研究動機

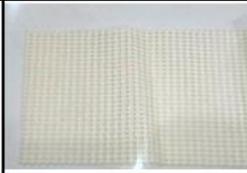
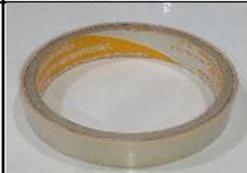
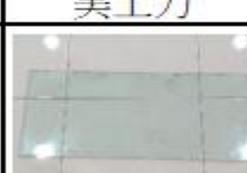
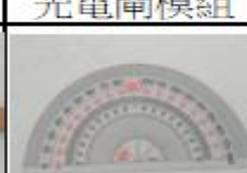
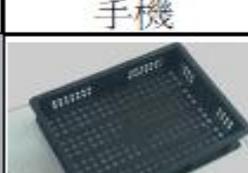
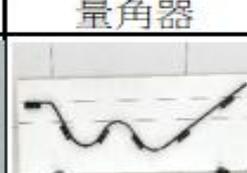
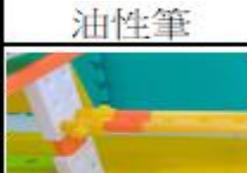
從小，我就對磁鐵這種礦物感到新奇，因為它能將鐵、鈷、鎳等金屬製品在不碰到的情況下，將它給吸了起來。而最近幾年又出現一種利用電磁鐵的磁極變化來產生動力的交通工具----磁浮列車。曾經聽到新聞報導，日本磁浮列車時速可以達到 603 公里，我的心就跟著飛了起來，所以就想利用這個機會學以致用，自己動手做一台小型的磁浮列車，也想趁著這個機會，將磁浮列車的秘密通通找出來。

## 貳、研究目的

- 一、探討磁軌排列方式及間距對磁浮列車的影響，並找出最佳效能之模組
- 二、探討車底的排列方式、方向及間距對磁浮列車的影響，並找出最佳效能之模組
- 三、探討側面磁軌 NS 極、堆疊數目及間隔對磁浮列車的影響，並找出最佳效能之模組
- 四、探討綜合以上變因和地形的高低起伏對磁浮列車的影響，並找出最佳效能之模組

## 參、研究設備及器材

				
磁鐵若干個	強力磁鐵	鋼板	PVC板	L行角鋼
				
小馬達	排尺	3號電池	木板	吸管

				
塑膠瓦楞板	棉線	塑鋼土	四驅車的小輪子	紅黑線
				
保鲜膜	按鈕	防滑墊	紙片	冰棒棍
				
電錶	膠帶	雙面膠	鐵尺	小玩具車
				
熱熔槍	指北針	雙面布膠帶	PVC絕緣膠帶	砂紙
				
鐵粉	剪刀	美工刀	鋸子	光電閘模組
				
切割板	手機	玻璃板	木條	量角器
				
油性筆	籃子	手機架	螺絲起子	高低軌道
				
積木	電線壓條	木棒	鐵罐(支柱)	吹風機

# 肆、研究過程或方法

## 一、研究架構



## 二、自製磁浮列車實驗設計與元件製作

### (一)舊版圓形相吸型磁浮列車模型與市面上販賣的磁浮列車模型比較

	舊版圓形相吸型磁浮列車		市面上的磁浮列車模型	
	優點	缺點	優點	缺點
1	使用馬達帶動磁鐵轉動於磁軌上，速度較快	兩磁軌間間距需剛好偏差值極小，否則無法浮起	使用電磁鐵噪音小、車體穩	只有單邊的滑軌，容易因離心力而脫離軌道
2	使用纜線的方式，使磁浮列車較輕盈，速度加快	電力的供應會因受到外界停電而導致安全的疑慮	電力的供應不會因受到外界停電而導致安全的疑慮	電力由車體提供，會增加重量導致車速減慢
3	車體較不會因離心力而脫離軌道(除了馬達空轉造成的暴衝)	藉由磁鐵的轉動產生前進的動力，因此產生的正向力較大，摩擦力較大以致車速減慢	藉由電磁鐵的磁極變化加上小輔助輪前進，產生的正向力較小，但仍會導致車速減慢	使用電磁鐵的磁極變化前進，速度較慢



市面上的磁浮列車

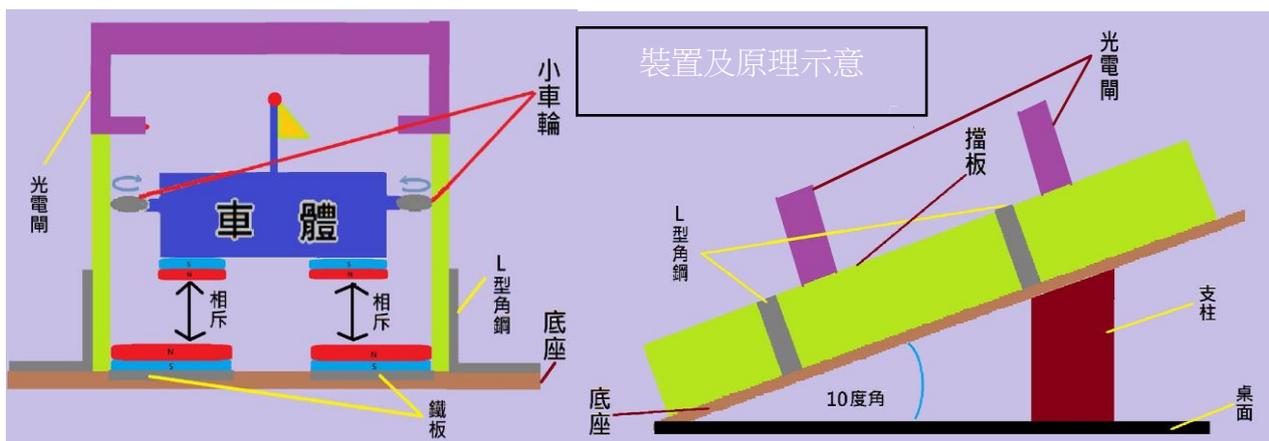
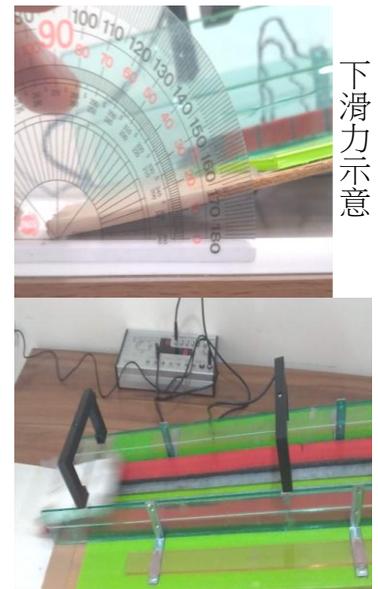
舊版圓形相吸型磁浮列車

因此我就將以上二種磁浮列車的優點合而為一，作為本實驗研究方向

## (二)模型製作

### 1.原理:

磁浮列車模型主要是利用同極相斥的原理，使磁浮列車能夠漂浮在軌道上，不過仍需在軌道旁以擋板支撐，才不會因為排斥力過強而被推出軌道。但因舊版的磁浮列車模組摩擦力太大，導致出現不正常現象的可能提高，於是在車體邊緣加裝輪子，以降低摩擦、加快速度和降低不正常狀況的可能性。動力的部分則是利用下滑力(地球引力)使磁浮列車有前進的動力，所以我在磁浮列車的出發點加裝了卡榫。另外，因為速度的提升，導致測量的部分無法以手按碼表的方式計各項數據，所以我將二個光電閘模組架於擋板上方，供測量用。



### 2.軌道製作說明:

- (1).首先，先取一片木板、一片塑膠瓦楞板和兩片鐵板黏合，作為底座
- (2).再將壓克力條用 L 型角鋼固定於底座，作為擋板
- (3).接著將若干個磁鐵以 PVC 膠帶黏成二條長 60cm 的磁鐵條，將其平貼於鐵板上
- (4).將一小段吸管黏於擋板內壁，再將螺絲起子插入，作為起點之用
- (5).將光電閘架設於擋板之上，以供測數據用(如下圖一)
- (6).完成底部磁軌測試之模型軌道軌道製作



### 3.車體製作說明(如上圖二):

- (1).先取一片 PVC 板，裁切至適當大小，並以布膠帶將磁鐵黏於車底
- (2).取一適當長度，以塑鋼土將小輪子固定於車體側旁，使其與擋板間的摩擦減小
- (3).在車頂上方架設二根以吸管、紙片製成的小旗子，以供測數據用
- (4).完成模型車體製作

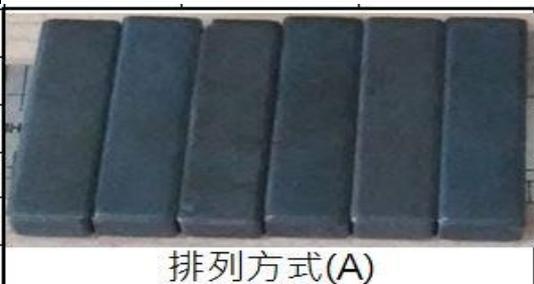
## 三、 探討磁軌的不同變因對磁浮列車的影響

### (一)車軌磁鐵之排列方式

#### 步驟:

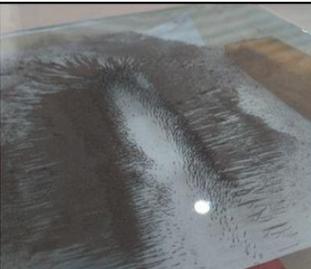
- 1.準備四種不同排列方式的磁軌 60 公分各二條
- 2.將磁浮列車車底裝上相對應的磁鐵排列方式各 4 顆於四角(共 16 顆)
- 3.將磁軌吸附至模組的鐵板上，並將整座模組傾斜 10 度，使磁浮列車具有向前滑行的動力
- 4.利用光電閘觀察其結果並記錄

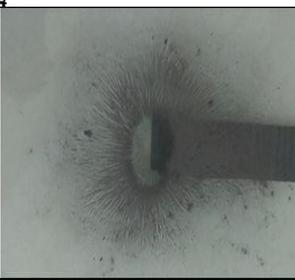
排列A	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )
第一次	286.39	15.65	19.21
第二次	283.40	15.18	19.85
第三次	297.64	15.53	20.04
第四次	292.77	15.49	19.67
第五次	290.03	15.46	20.28
第六次	286.47	15.61	19.77
第七次	291.34	15.43	19.73
平均	289.40	15.50	19.81
備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(■為極端值)			

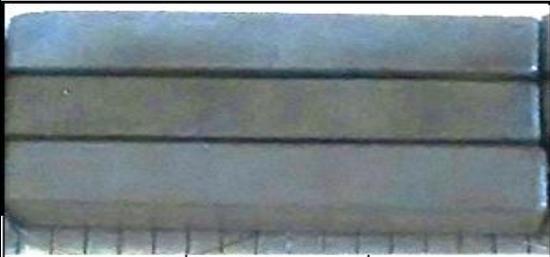


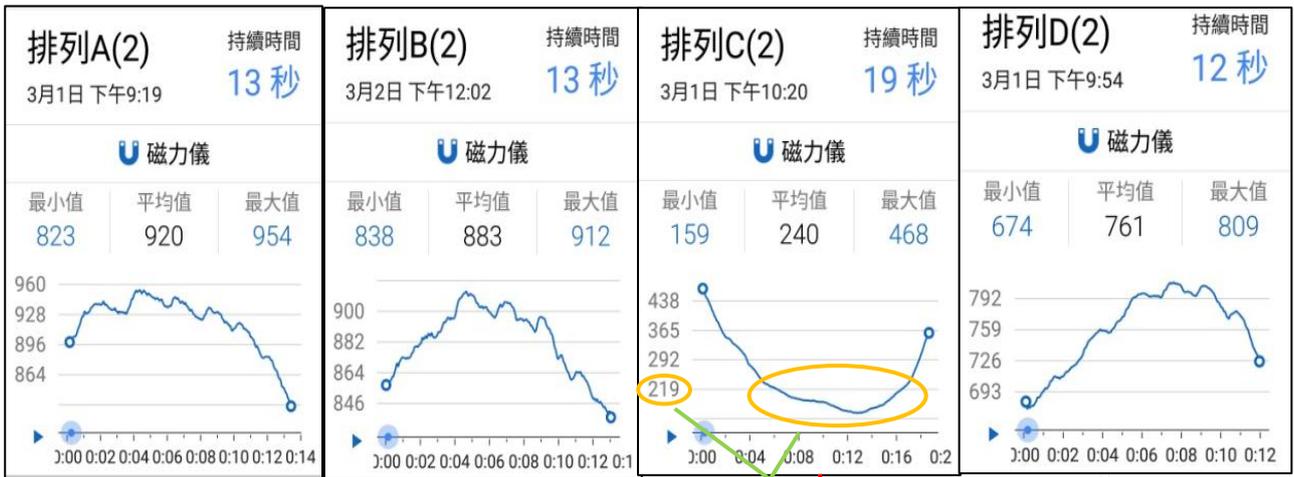
排列 A



排列B	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )	 <p>排列 B</p>
第一次	291.83	15.22	18.88	
第二次	289.53	15.35	19.91	
第三次	291.44	15.43	20.15	
第四次	291.40	15.64	19.70	
第五次	291.74	15.63	19.72	
第六次	288.68	15.51	19.28	
第七次	292.33	15.76	19.85	
平均	291.19	15.51	19.69	
備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(●為極端值)				  <p>排列方式(B)</p> <p>磁力線</p>

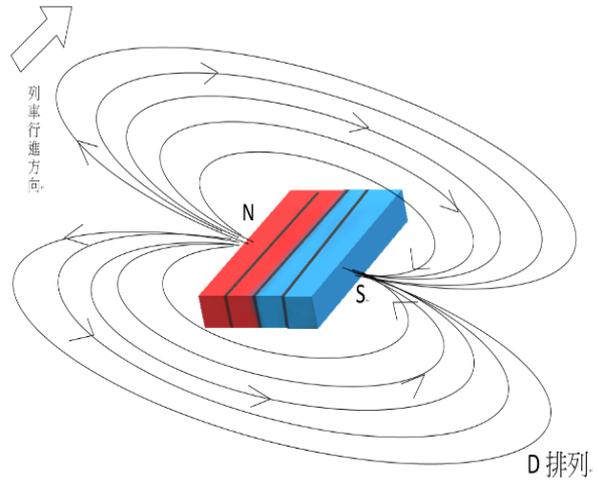
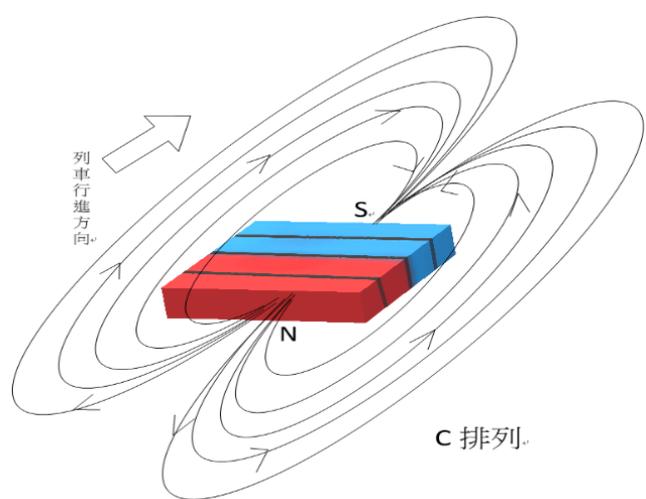
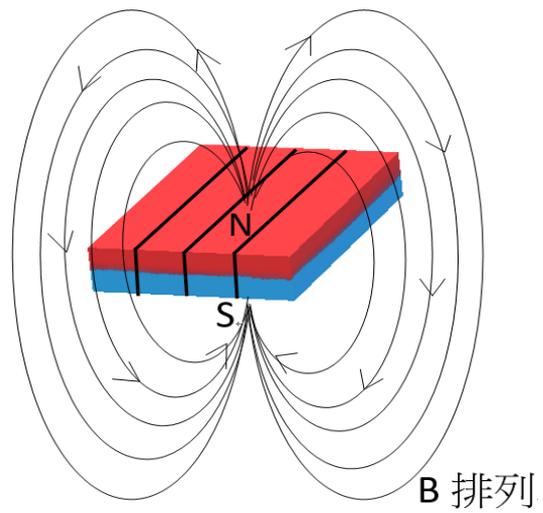
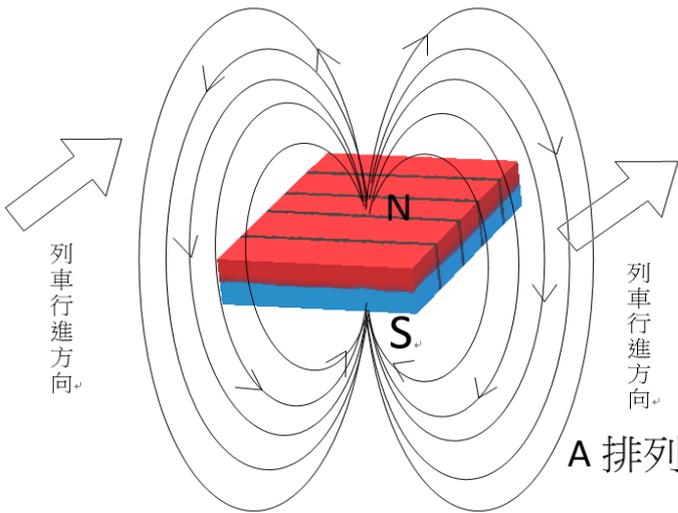
 <p>排列方式(C)</p>	  <p>磁力線</p>	<p>排列 C</p>
---	---	-------------

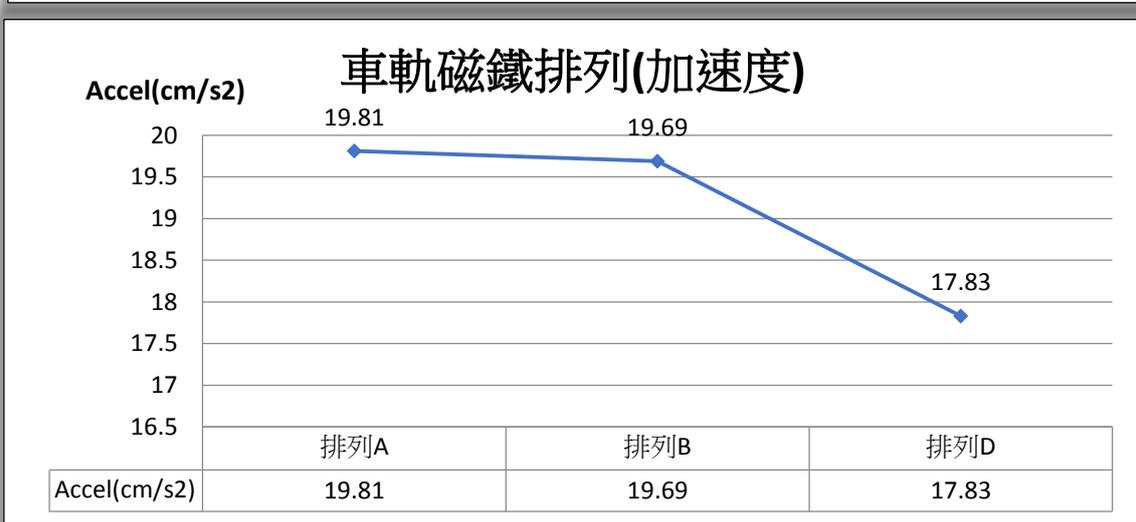
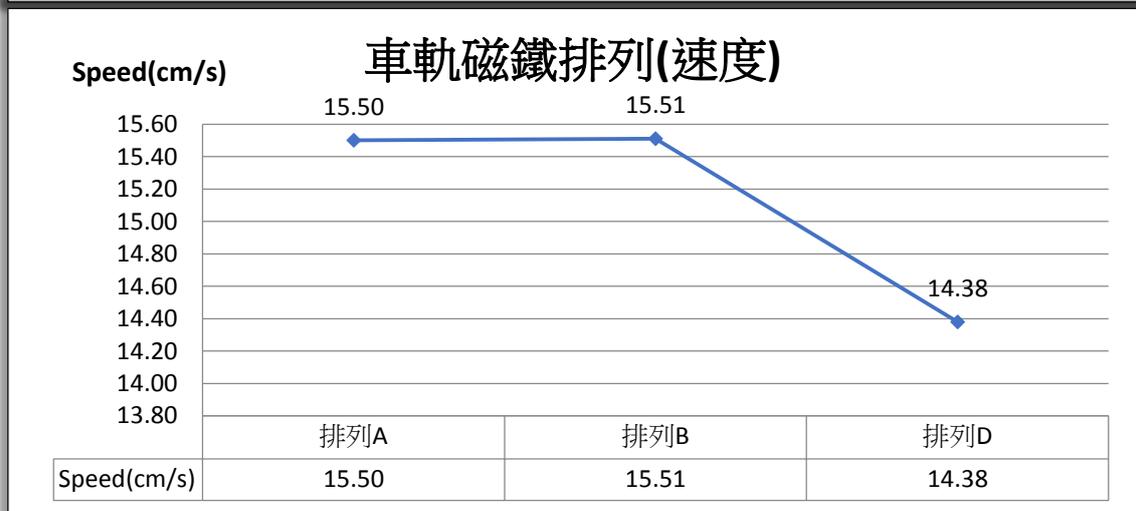
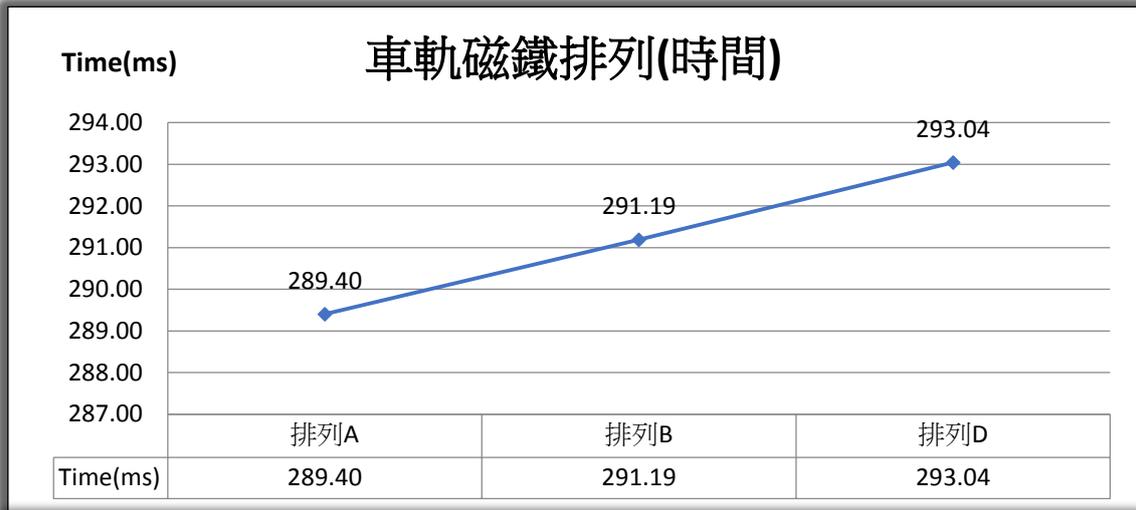
排列D	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )	 <p>排列 D</p>
第一次	293.94	14.49	17.73	
第二次	293.32	14.30	17.74	
第三次	292.77	14.57	17.8	
第四次	285.34	14.36	17.82	
第五次	292.77	14.36	17.68	
第六次	296.51	14.13	18.07	
第七次	292.38	14.38	18.23	
平均	293.04	14.38	17.83	
備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(●為極端值)				  <p>排列方式(D)</p> <p>磁力線</p>



排列為 A、B、D 的磁軌每一小段，皆有一定的磁場強度，所以是適合做為磁軌的排列方式

磁軌排列 C 因磁極兩極位於軌道前後端，造成每段磁力、磁場強度中段磁力低到無法支撐磁浮列車主體，皆太小，所以不採用「磁鐵排列 C」的磁軌排列方式





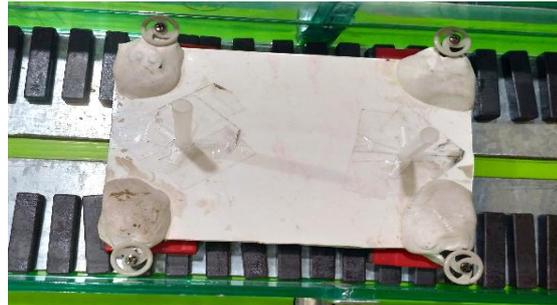
由以上圖表與表格可得知結果:我發現排列 C 會因為磁極位於前後兩端造成磁力強度分布不均(前後較強、中間較弱)，所以決定不採用磁軌排列 C。另外，排列 A 和 B 的效果相當，但因排列 B 的較難固定且無法彎曲，所以最後決定採用磁軌排列 A 做以下研究。

討論:我發現磁浮列車模組會因為重量過重導致磁軌向後傾斜，所以我就多加幾個支柱固定，並用布膠帶黏於模組與桌面的交點，就解決了

## (二)車軌磁鐵之間距

### 步驟:

- 1.以磁軌排列 A 的方式，以各種不同間距將磁軌黏至 60 公分長二排
- 2.將磁浮列車車底裝上相對應的磁鐵排列方式各 4 顆於四角(共 16 顆)
- 3.將磁吸附至模組的鐵板上，並將整座模組傾斜至 10 度，使磁浮列車具有向前滑行的動力
- 4.利用光電閘觀察其結果並記錄



經由實驗後得知結果:磁軌只要有些微的間距就會因為磁鐵和磁鐵間的鐵板(因磁鐵吸附在其上，所以已被磁鐵磁化)的吸力吸下去，但如果將其間距縮得更小，又會因彼此間的排斥力過強，造成磁軌難以保存，所以我認為效果最好的磁軌間距就是零間距。

討論:我發現磁浮列車常常會因速度快速，造成減速的距離較長，但因桌子長度不足，所以我在桌緣末端加裝了二塊 PVC 板組成的 L 行板，以吸收撞擊力。

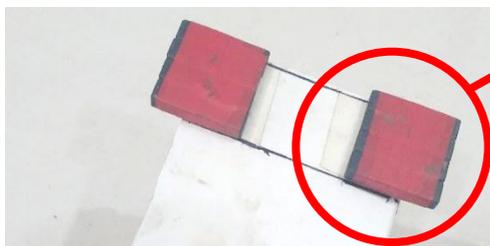
## 四、探討車底磁鐵的不同變因對磁浮列車的影響

### (一)車底磁鐵之排列方向

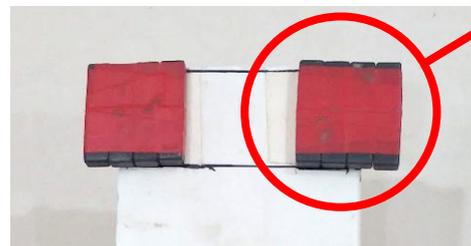
#### 步驟:

- 1.以磁軌排列 A 的方式，以間距零的間距將磁軌平貼至模組上
- 2.將二支冰棒棍分別貼在車體前後二端上，以增加車體寬度
- 3.將磁鐵以直或橫的方向裝上冰棒棍(各 4 顆於四角共 16 顆)
- 4.將整座模組傾斜至 10 度，使磁浮列車具有向前滑行的動力
- 5.利用光電閘觀察其結果並記錄

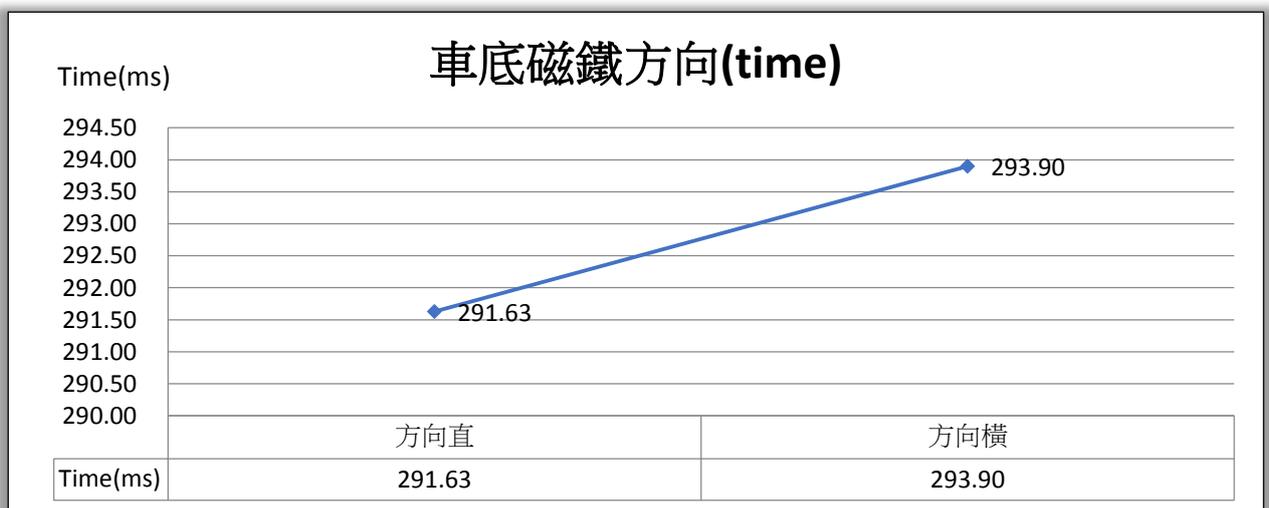
方向橫	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )	方向直	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )
第一次	293.46	15.80	20.28	第一次	293.44	15.55	20.30
第二次	292.91	15.95	20.20	第二次	291.12	15.24	20.46
第三次	294.44	15.91	20.14	第三次	291.20	15.91	20.35
第四次	295.09	15.93	20.41	第四次	290.61	15.47	20.44
第五次	293.58	15.92	20.47	第五次	292.25	15.38	20.24
第六次	295.59	16.00	20.64	第六次	292.95	15.62	20.62
第七次	291.33	15.89	20.42	第七次	289.45	15.19	20.17
平均	293.90	15.92	20.36	平均	291.63	15.45	20.36
備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(●為極端值)				備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(●為極端值)			

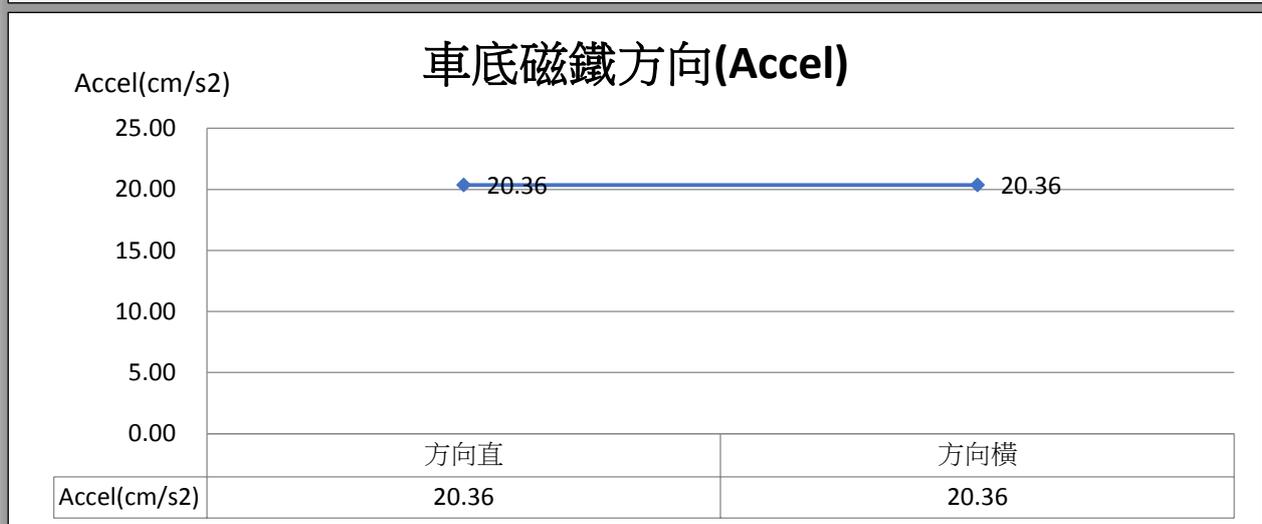
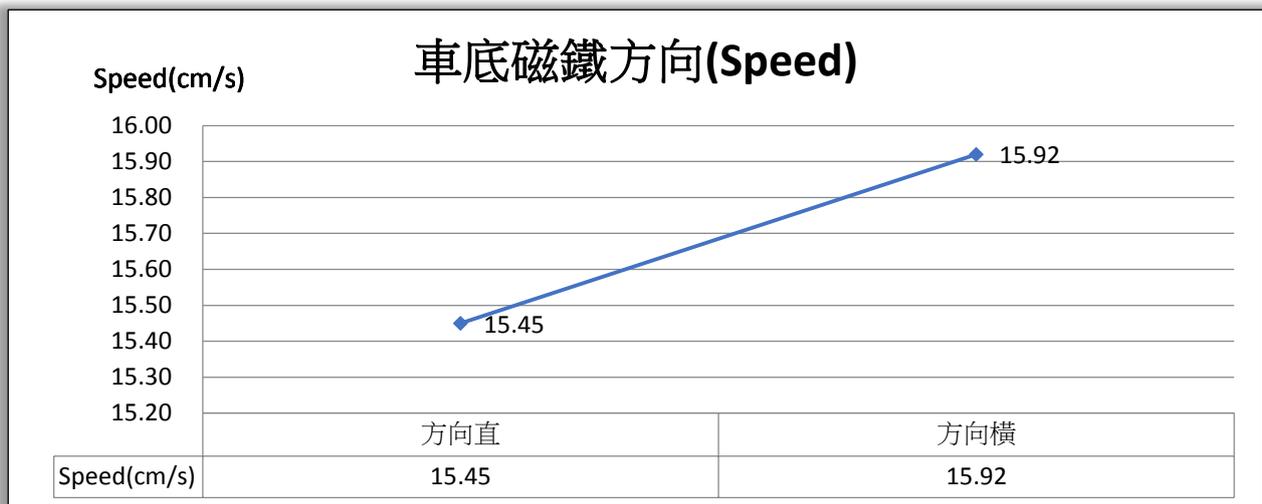


方向橫



方向直





由以上圖表與表格可得結果:當車底磁鐵方向為直時，時間為 291.63ms、速度為 15.45cm/s、加速度為 20.36cm/s<sup>2</sup>；當車底磁鐵方向為橫時，時間為 293.9ms、速度為 15.92cm/s、加速度為 20.36cm/s<sup>2</sup>，我發現因為鐵板的吸引力(被磁化)會拖慢速度，所以採用磁鐵以直的方式前進，並縮減磁鐵數目(加長車底磁鐵與鐵板的距離)，以減少拉力、加快速度。

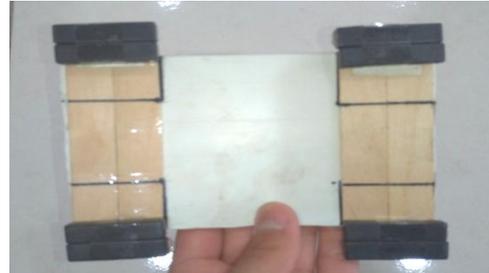
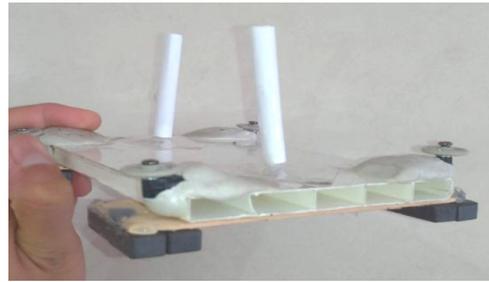
## (二)、車底磁鐵之間距

### 步驟:

- 1.以磁軌排列 A 的方式，以間距零的間距將磁軌平貼至模組上
- 2.將二支冰棒棍分別貼在車體前後二端上，以增加車體寬度
- 3.將磁鐵以直的方向裝上冰棒棍(各 2 顆於四角共 8 顆)
- 4.將整座模組傾斜至 10 度，使磁浮列車具有向前滑行的動力.
- 5.利用光電閘觀察其結果並記錄

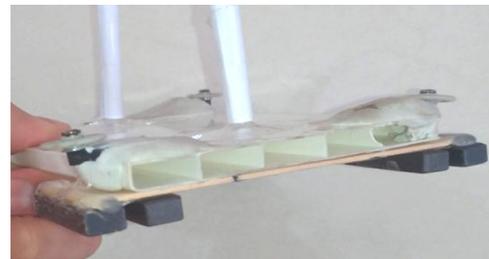
0cm	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )
第一次	345.44	14.33	15.57
第二次	333.55	13.89	15.67
第三次	348.17	14.34	15.52
第四次	336.56	14.32	15.43
第五次	341.54	14.16	15.51
第六次	325.61	14.30	15.58
第七次	352.56	14.38	15.55
平均	341.05	14.29	15.56

備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(■為極端值)



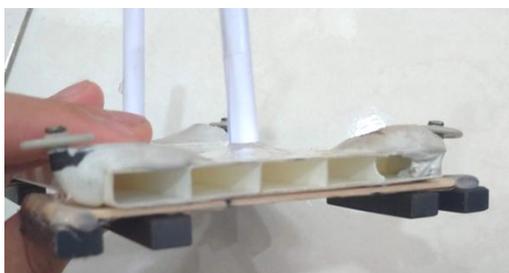
0.5cm	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )
第一次	346.56	14.03	14.83
第二次	346.65	14.03	14.88
第三次	348.23	14.17	14.98
第四次	345.47	14.08	14.63
第五次	345.04	13.95	14.95
第六次	344.90	13.96	14.75
第七次	342.73	13.78	14.82
平均	345.72	14.01	14.85

備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(■為極端值)

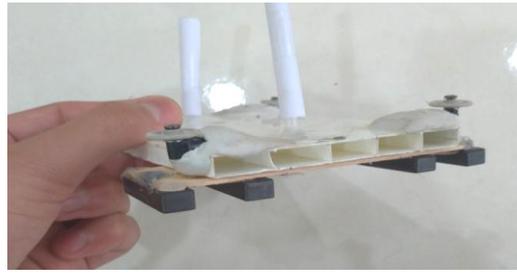


1.0cm	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )
第一次	313.01	14.98	18.33
第二次	286.39	317.78	14.86
第三次	316.68	14.74	18.69
第四次	317.47	14.72	17.95
第五次	304.18	14.60	18.40
第六次	320.32	14.80	18.40
第七次	312.89	14.78	18.36
平均	315.57	14.75	18.35

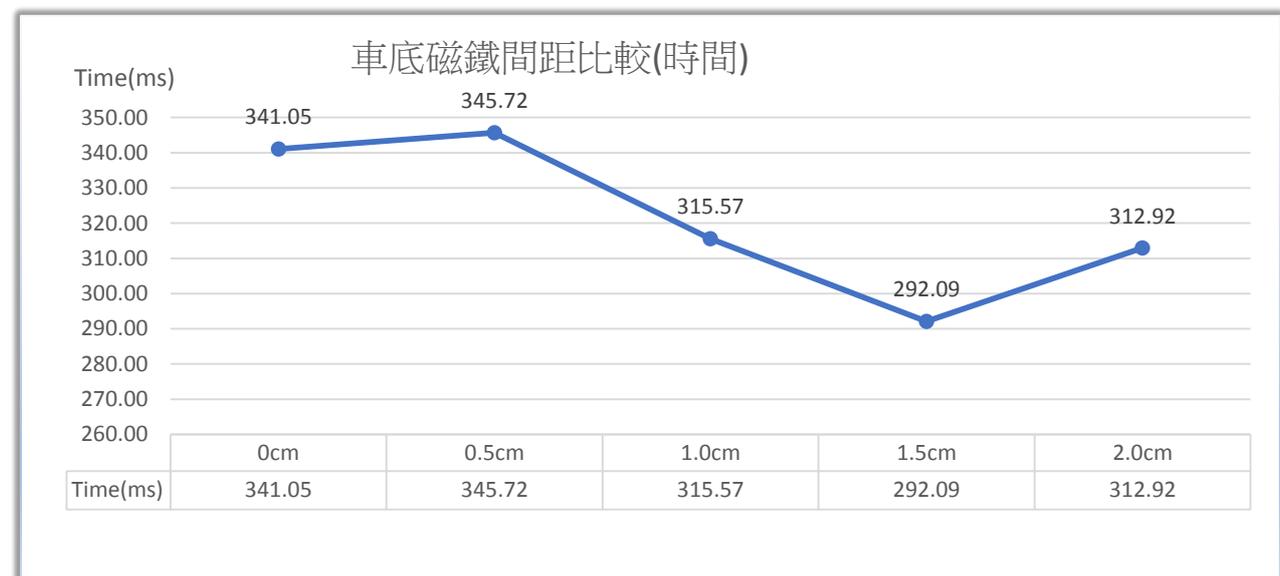
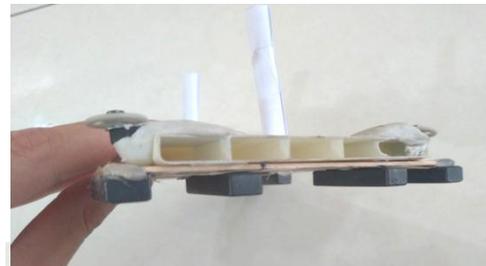
備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(■為極端值)

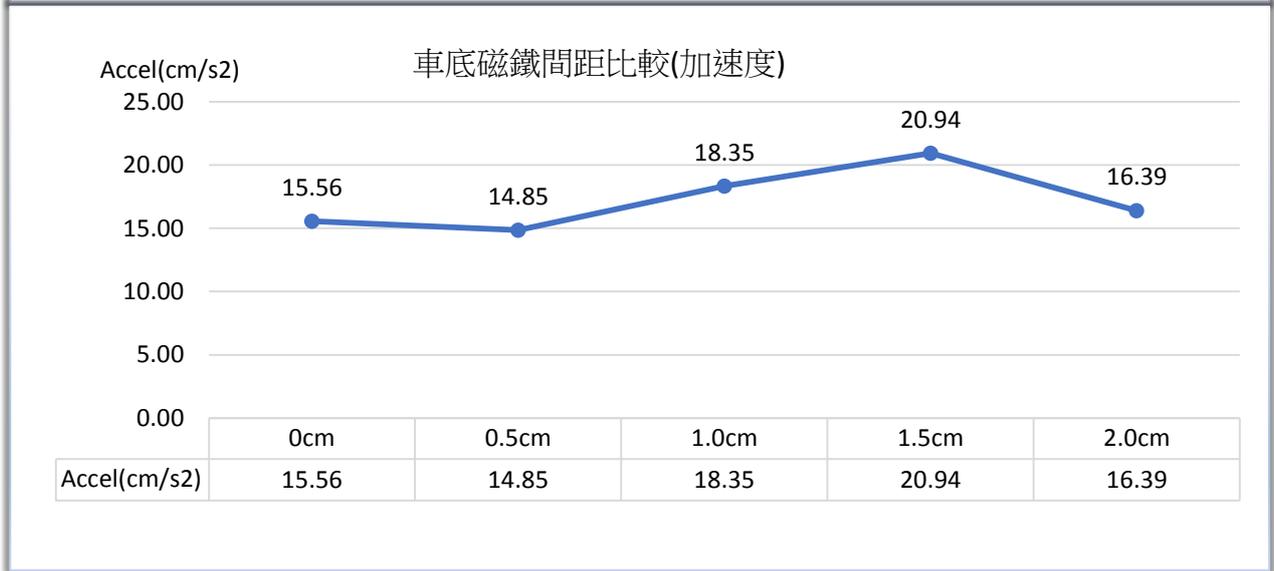
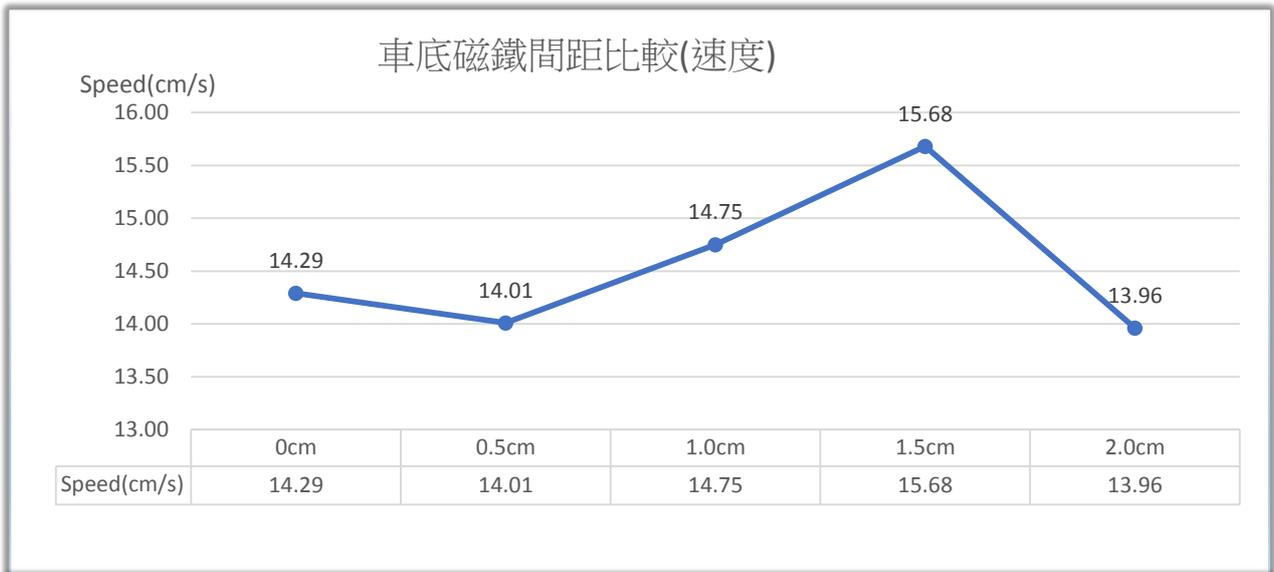


1.5cm	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )
第一次	295.96	15.69	20.94
第二次	292.85	15.68	21.01
第三次	291.35	15.58	20.90
第四次	290.32	15.73	20.93
第五次	292.09	15.86	20.87
第六次	293.09	15.62	20.92
第七次	291.08	15.66	21.22
平均	292.09	15.68	20.94
備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(■為極端值)			



2.0cm	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )
第一次	311.79	14.00	16.16
第二次	312.26	13.94	16.53
第三次	310.68	13.92	16.30
第四次	316.88	13.96	16.42
第五次	312.88	14.05	16.38
第六次	314.81	13.94	16.31
第七次	312.86	13.98	16.75
平均	312.92	13.96	16.39
備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(■為極端值)			





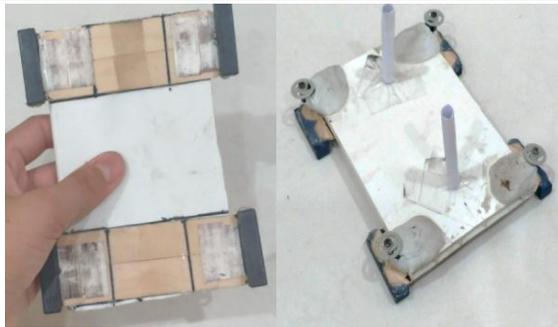
經由實驗後得知結果:我發現在間距 1.5cm 的時候效果會最好，是因為它的磁鐵分布較均勻且又不會因距離鐵板過近受到過強的拉力所影響，所以我決定採用各角磁鐵所佔的總寬度為 3.5cm(磁鐵寬度 1cm\*2+間距 1.5cm)做以下實驗。

### (三)車底磁鐵之各角數目

#### 步驟:

- 1.以磁軌排列 A 的方式，以間距零的間距將磁軌平貼至模組上
- 2.將二支冰棒棍分別貼在車體前後二端上，以增加車體寬度
- 3.將磁鐵以直的方向、不同數目(各角以 1、2、3 顆)裝上冰棒棍
- 4.將整座模組傾斜至 10 度，使磁浮列車具有向前滑行的動力
- 5.利用光電閘觀察其結果並記錄

1顆磁鐵	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )	2顆磁鐵	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )
第一次	289.00	14.35	17.72	第一次	283.45	15.58	19.33
第二次	291.30	14.61	17.62	第二次	284.17	15.76	19.44
第三次	291.83	14.79	17.95	第三次	284.83	15.40	18.99
第四次	291.65	14.58	17.60	第四次	285.46	15.61	18.90
第五次	291.24	14.46	17.71	第五次	282.82	15.45	19.21
第六次	291.74	14.26	17.34	第六次	285.44	15.17	19.33
第七次	291.39	14.37	17.50	第七次	285.14	15.57	19.52
平均	291.46	14.47	17.63	平均	284.61	15.52	19.26
備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(●為極端值)				備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(●為極端值)			

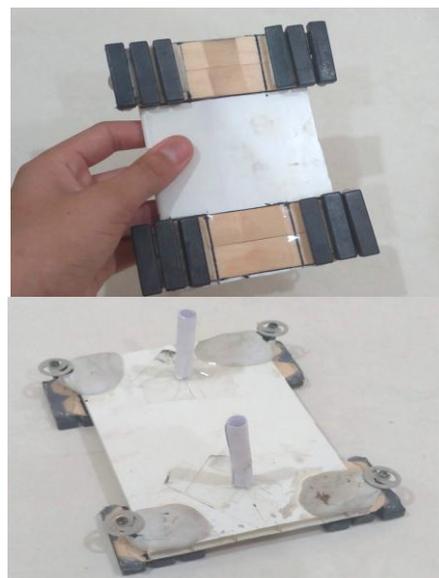


各角一顆(共四顆)



各角二顆(共八顆)

3顆磁鐵	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )
第一次	288.95	14.78	18.90
第二次	286.00	14.71	18.89
第三次	286.46	14.50	19.07
第四次	287.72	14.83	19.17
第五次	284.06	14.85	19.00
第六次	287.69	14.77	18.86
第七次	288.56	14.66	18.84
平均	287.29	14.75	18.94
備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(●為極端值)			



各角三顆(共十二顆)

### 車底磁鐵數目(time)

Time(ms)



Time(ms)	1顆磁鐵	2顆磁鐵	3顆磁鐵
Time(ms)	291.46	284.61	287.29

### 車底磁鐵數目(Speed)

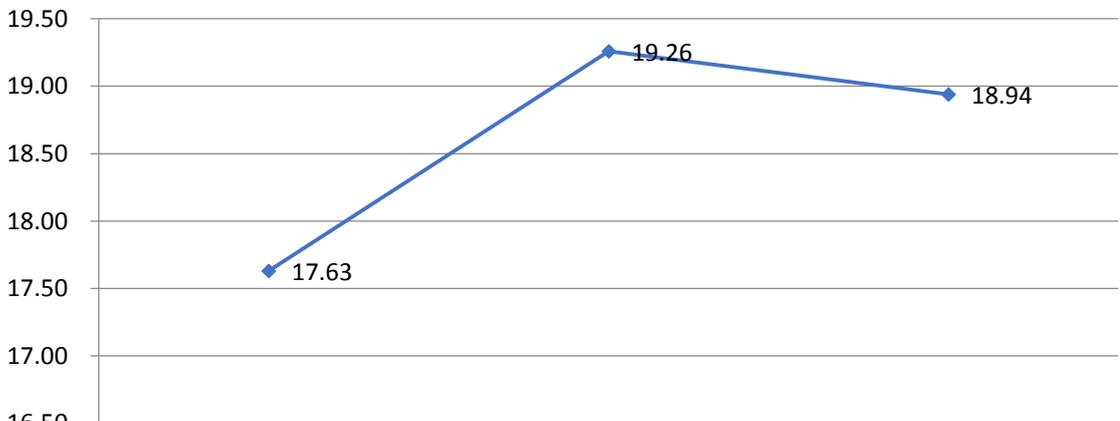
Speed(cm/s)



Speed(cm/s)	1顆磁鐵	2顆磁鐵	3顆磁鐵
Speed(cm/s)	14.47	15.52	14.75

### 車底磁鐵數目(Accel)

Accel(cm/s<sup>2</sup>)



Accel(cm/s <sup>2</sup> )	1顆磁鐵	2顆磁鐵	3顆磁鐵
Accel(cm/s <sup>2</sup> )	17.63	19.26	18.94

經由實驗後得知結果:我認為應該是因為 8 顆磁鐵的重量加上車體的總重量恰好為 8 顆磁鐵支撐力的大小，甚至小於支撐力，而 1(單角共 4 顆)或 3(單角共 12 顆)顆則是因支撐力不足導致磁浮列車在行進時較為不穩的現象，所以我決定採用各角磁鐵數目為二顆做以下實驗。

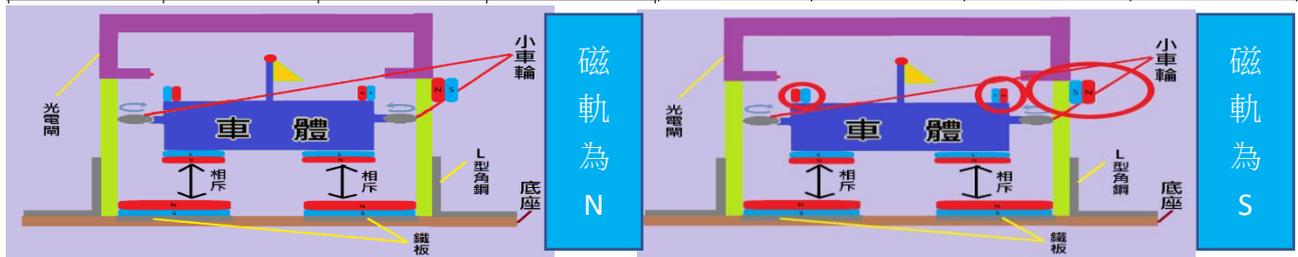
## 五、探討側面磁軌的不同變因對磁浮列車的影響

### (一)側面磁軌之 N、S 極

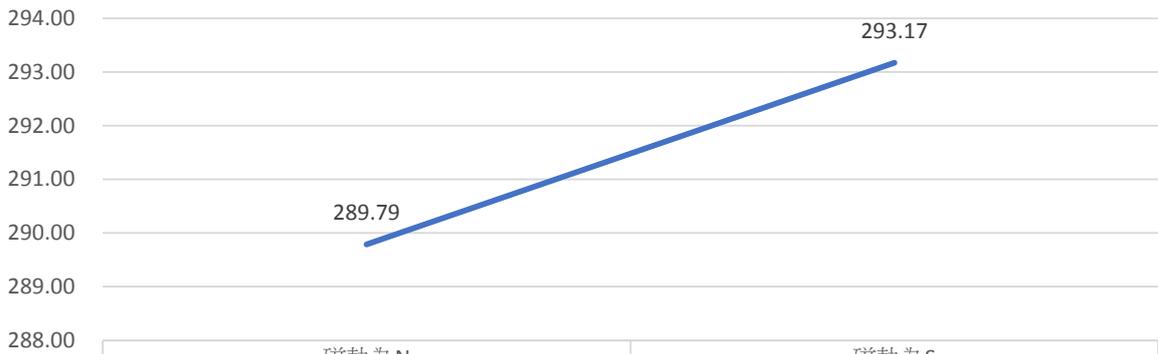
#### 步驟:

- 1.以磁軌排列 A 的方式，將間距零的間距將磁軌平貼至模組上
- 2.將二支冰棒棍分別貼在車體前後二端上，以增加車體寬度
- 3.將磁鐵以直的方向裝上冰棒棍(各 2 顆於四角共 8 顆)
- 4.在車體邊緣黏一磁鐵，使其能與擋板外壁的磁鐵相吸
- 5.將擋板外壁固定數個磁鐵(零間距)，使車體僅依靠單邊磁軌前進
- 6.將整座模組傾斜至 10 度，使磁浮列車具有向前滑行的動力
- 7..利用光電閘觀察其結果並記錄

磁軌為N	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )	磁軌為S	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )
第一次	291.96	15.69	19.38	第一次	293.76	15.99	20.08
第二次	289.26	15.67	19.52	第二次	289.83	15.69	20.06
第三次	290.97	15.77	19.75	第三次	296.95	15.67	20.12
第四次	288.70	15.90	19.86	第四次	294.51	15.85	20.02
第五次	288.15	15.77	19.57	第五次	293.79	15.83	20.04
第六次	289.07	15.82	19.74	第六次	293.97	15.63	19.93
第七次	290.93	15.57	19.29	第七次	274.17	15.70	19.98
平均	289.79	15.74	19.59	平均	293.17	15.75	20.04
備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(■為極端值)				備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(■為極端值)			

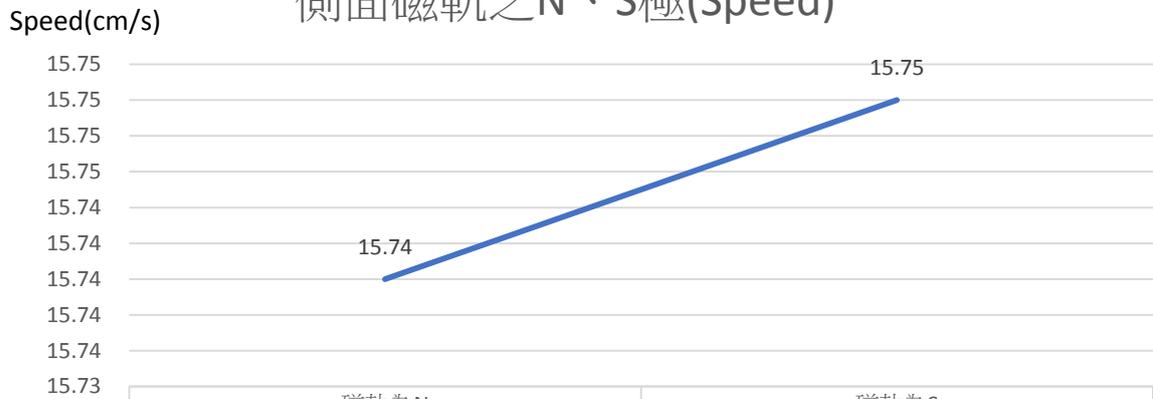


### 側面磁軌之N、S極(Time)



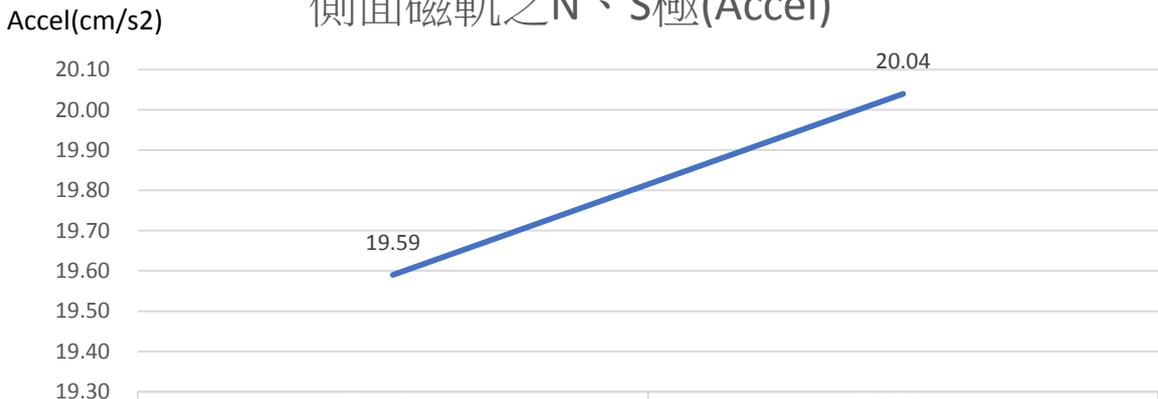
Time(ms)	磁軌為N	磁軌為S
289.79	289.79	293.17

### 側面磁軌之N、S極(Speed)



Speed(cm/s)	磁軌為N	磁軌為S
15.74	15.74	15.75

### 側面磁軌之N、S極(Accel)



Accel(cm/s^2)	磁軌為N	磁軌為S
19.59	19.59	20.04



經由實驗後可得知結果:我發現當車體為 S、側面磁軌為 N 或反之時的效果皆大同小異，差別只在於側面磁軌位置上的些微差距造成的誤差。所以我認為車體的對應磁鐵與側面磁軌的位置恰當對磁浮列車影響較大，而 N、S 極因產生的正向力幾乎相同，所以較無影響。

討論:在實驗的過程中，我還發現若擋板側邊磁軌距離車體漂浮時的車底磁鐵太近，會出現很明顯的煞車現象，甚至是左右傾斜，於是我將車體上的磁鐵(吸附用)以短木條及冰棒棍架高並增加磁鐵(增重)，將擋板上的側面車體磁軌挪高，就使磁浮列車回到正常的狀態。

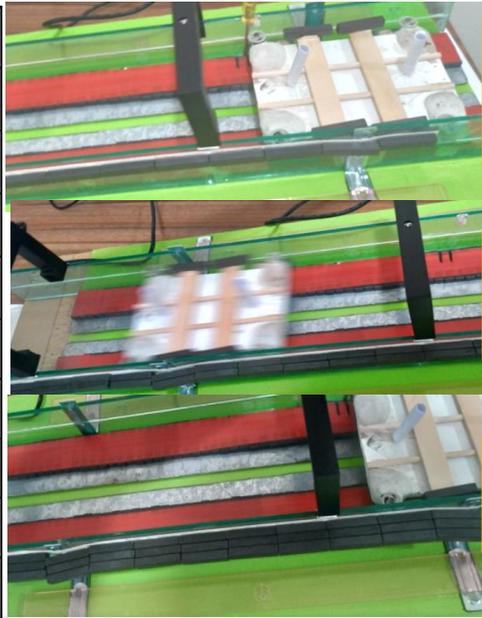
## (二)側面磁軌之堆疊數目

### 步驟:

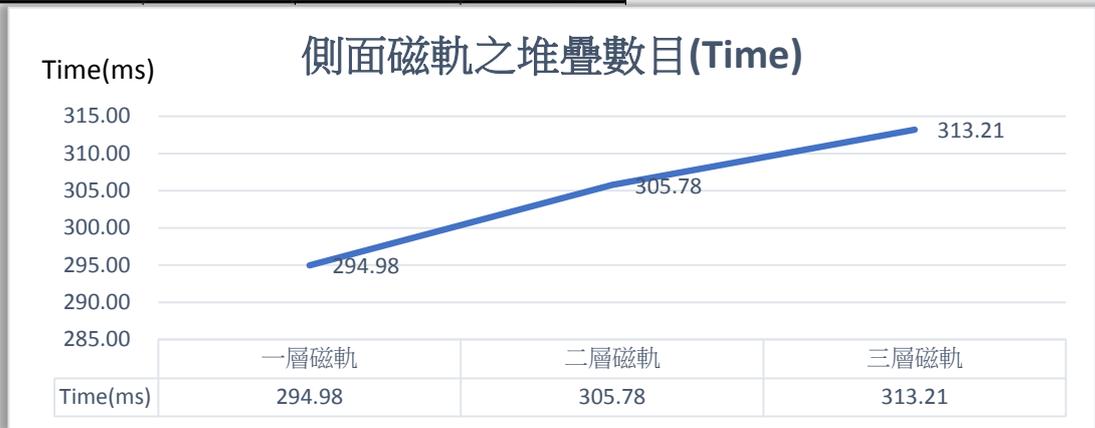
- 1.以磁軌排列 A 的方式，將間距零的間距將磁軌平貼至模組上
- 2.將擋板外壁固定數個磁鐵(零間距)，使車體僅依靠單邊磁軌前進
- 3.在側面磁軌上堆疊若干個磁鐵
- 4.製作磁浮列車車體(如前一項實驗步驟)
- 5.將整座模組傾斜至 10 度，使磁浮列車具有向前滑行的動力
- 6.利用光電閘觀察其結果並記錄

一層磁軌	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )	二層磁軌	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )
第一次	295.25	15.14	18.24	第一次	305.68	14.92	17.35
第二次	294.58	15.37	18.94	第二次	306.18	14.90	17.64
第三次	295.41	15.40	19.06	第三次	306.15	14.78	17.35
第四次	294.37	15.11	18.02	第四次	303.57	14.88	17.50
第五次	295.28	15.23	18.44	第五次	311.99	14.68	17.65
第六次	293.19	15.38	19.02	第六次	304.42	15.02	17.10
第七次	295.53	15.29	18.57	第七次	306.49	14.66	16.93
平均	294.98	15.28	18.64	平均	305.78	14.83	17.39
備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(為極端值)				備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(為極端值)			

三層磁軌	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )
第一次	311.69	14.72	16.57
第二次	313.98	14.46	16.04
第三次	315.44	14.61	16.24
第四次	314.89	14.48	15.89
第五次	312.96	14.28	15.48
第六次	312.54	14.09	15.09
第七次	311.04	14.15	14.49
平均	313.21	14.40	15.75
備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值( 為極端值)			



- 一層
- 二層
- 三層

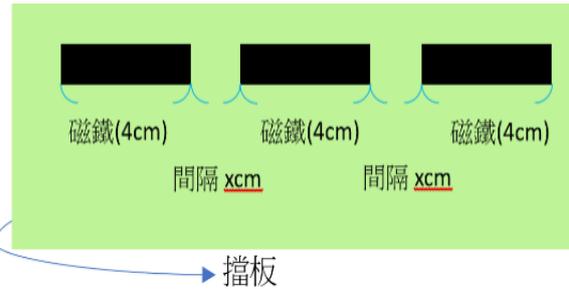


經由實驗後得知結果:我發現側面磁軌的層數越多，正向力就越大，所以速度就越慢。而我也發現層數並不會增加穩定的程度，所以我就決定採用一層的磁軌做以下實驗。

### (三)側面磁軌之間隔距離

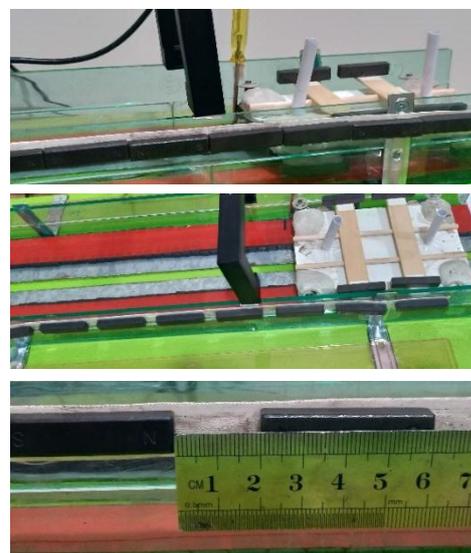
#### 步驟:

- 1.以磁軌排列 A 的方式，將間距零的間距將磁軌平貼至模組上
- 2.將擋板外壁固定數個磁鐵(零間距)，使車體僅依靠單邊磁軌前進
- 3.在側面磁軌以右圖的方式做間隔
- 4.製作磁浮列車車體(如前一項實驗步驟)
- 5.將整座模組傾斜至 10 度，使磁浮列車具有向前滑行的動力
- 6.利用光電閘觀察其結果並記錄



0cm	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )	1cm	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )
第一次	270.34	16.24	21.52	第一次	269.18	16.84	22.83
第二次	272.81	16.53	22.41	第二次	270.10	16.66	22.87
第三次	273.01	16.33	21.90	第三次	267.08	16.78	23.22
第四次	271.90	16.56	22.57	第四次	269.88	16.53	22.44
第五次	274.14	16.32	21.40	第五次	272.29	16.65	23.03
第六次	271.27	16.46	22.33	第六次	269.10	16.67	22.93
第七次	271.72	16.36	21.93	第七次	269.56	16.74	23.36
平均	272.14	16.40	22.02	平均	269.56	16.70	22.98
備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(為極端值)				備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(為極端值)			

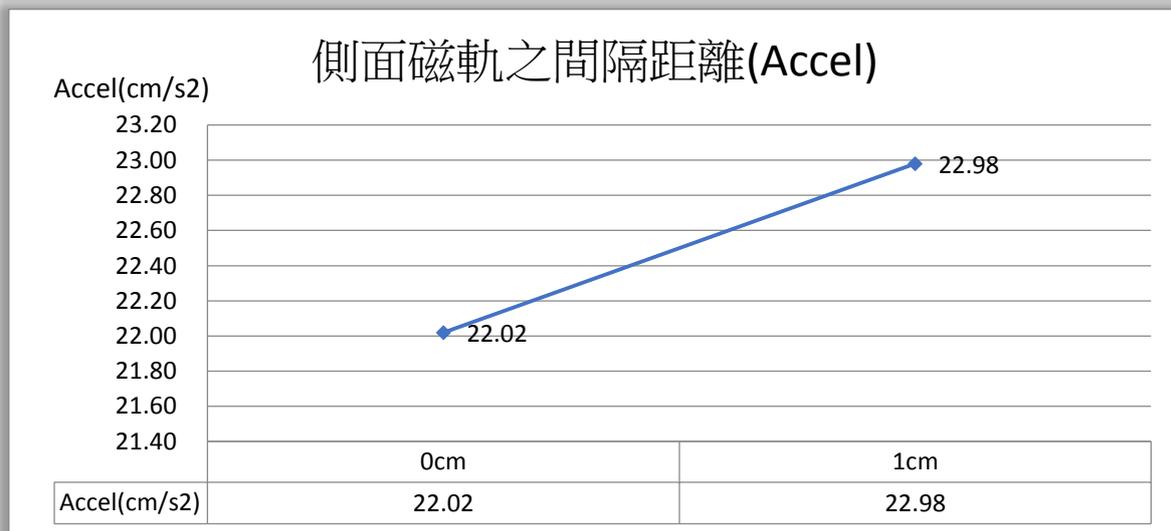
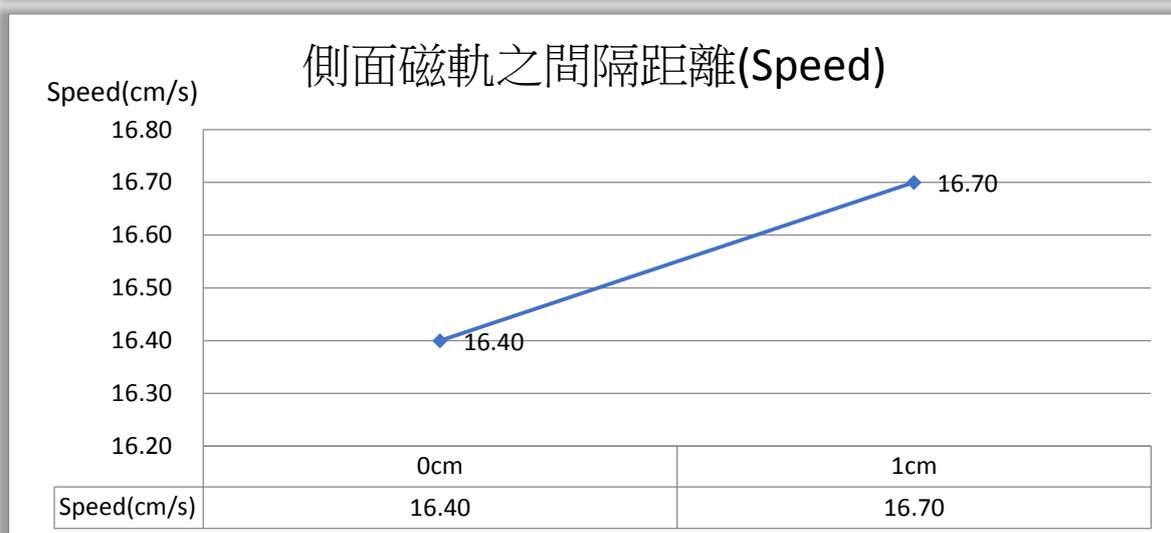
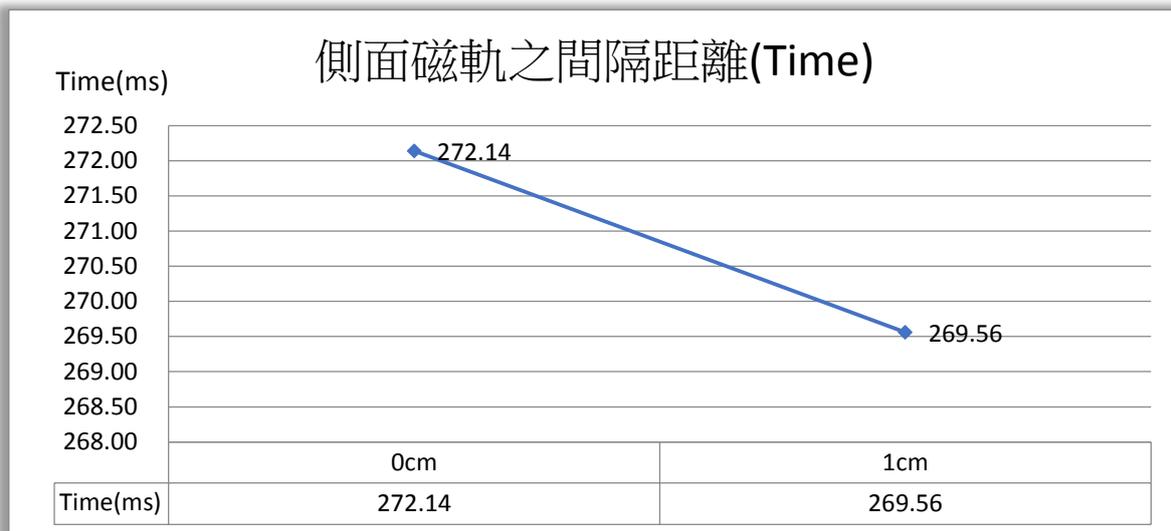
2cm	Time(ms)	Speed(cm/s)	Accel(cm/s <sup>2</sup> )
第一次	<div style="font-size: 4em;">X</div> <p>無法僅依靠單邊下滑</p>		
第二次			
第三次			
第四次			
第五次			
第六次			
第七次			
平均			
備註說明:以上平均為去除最大、最小極端值(為極端值)			



0cm

1cm

2cm



經由實驗後得知結果:我發現雖然側面磁軌間隔距離為 1cm 的各種因素皆優於 0cm，但是因為 1cm 距離短、吸引力小，所以容易脫離單邊的擋板，因此我決定採用側面磁軌間隔距離為 0cm 做以下實驗。

## 六、探討綜合以上變因和地形的高低起伏對磁浮列車的影響

### (一)第一代:

#### 軌道製作:

- 1.以磁軌排列 A 的方式，將間距零的間距將磁軌緊密貼和至高低軌道上
- 2.在高低軌道的背面黏上磁鐵(零間距的側面磁軌)，使車體僅依靠單邊磁軌前進
- 3.完成高低軌道製作

討論:我發現在將磁軌貼合於高低軌道的軌架上時，磁軌不能以一體成型的方式製作，因為當磁軌碰到彎道時，磁鐵與磁鐵間的距離就會拉大，也就會造成磁鐵有跳開的空間，進而造成整條磁軌全部跳開的情形，所以我就將磁軌分段區隔開，再用膠帶纏死，就解決了。



#### 車體製作:

- 1.將二個小輪子以塑鋼土固定於塑膠瓦楞板上作為車體
- 2.將磁鐵以二顆間距 1.5cm 的方式裝至車底
- 3.在車頂上裝一顆磁鐵，使其與側面磁軌相吸
- 4.完成車體製作

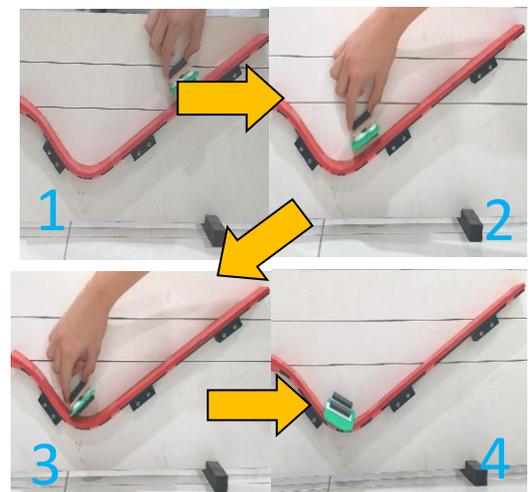


討論:當我在實驗的過程中，我發現原先我使用的車長為 9cm，但是因為夾角太小會造成磁浮列車卡住，所以我將車長縮短一半，並將車底磁鐵從磁鐵 4 顆變為 2 顆，就解決了。

#### 實驗步驟:

- 1.將製作好的磁浮列車放上高低軌道
- 2.輕推磁浮列車，觀察其下滑情形
- 3.利用光電閘記錄結果

經由實驗後得知結果:我發現此模組因夾角太小而造成出現翻車的情況(如右圖)，在加上車體短且重量不足(為了適應軌道)，本身就容易翻覆，所以我就將此模組加以改進，做成以下第二代地形起伏磁浮列車。



## (二)第二代:

### 軌道製作:

- 1.先取數條電線壓條，拆去其外殼並彎成所要的高低軌道彎度
- 2.以塑膠瓦楞板做為底座、積木做為支架將電線壓條固定
- 3.以磁軌排列 A 的方式，將間距零的間距將磁軌緊密貼和至電線壓條上
- 4.將塑膠瓦楞板裁切好，作為側面軌道，使其與磁軌相對應
- 5.在塑膠瓦楞板(側面磁軌)的背面黏上磁鐵(零間距的側面磁軌)
- 6.固定一個卡榫，使其起跑點固定
- 7.完成高低軌道製作

討論: 當我在製作的過程中，我發現電線壓條雖然很軟(易彎折)，但是卻難以定型，因此我用吹風機軟化其塑膠，就搞定了。

### 車體製作:

- 1.以原先磁浮列車測試模組的磁浮列車做為車子
- 2.將一側的小輪子拆除
- 3.完成車體製作

### 實驗步驟:

- 1.將製作好的磁浮列車放上高低軌道
- 2.打開卡榫，觀察其下滑情形
- 3.利用光電閘記錄結果



結果:最後我發現此模組有許多誤差的因素，像電線壓條軟化時會左右傾斜、側面的擋板的固定角鐵不為 90 度、磁軌和單邊黨版的間距不一致等，所以我就逐一修正改良出第三代地形起伏磁浮列車。

### (三)第三代:

#### 軌道製作:

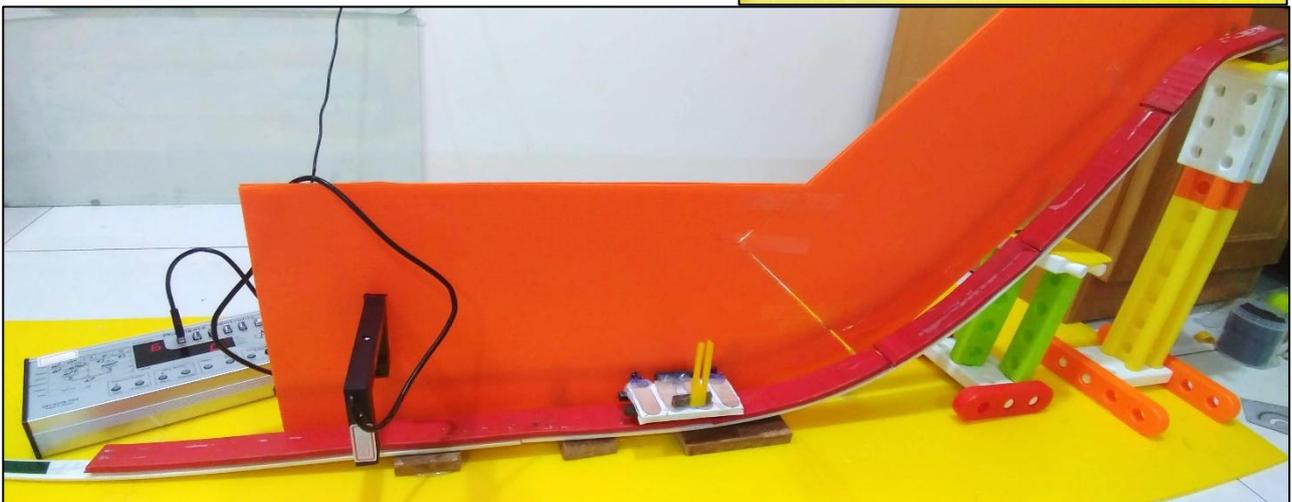
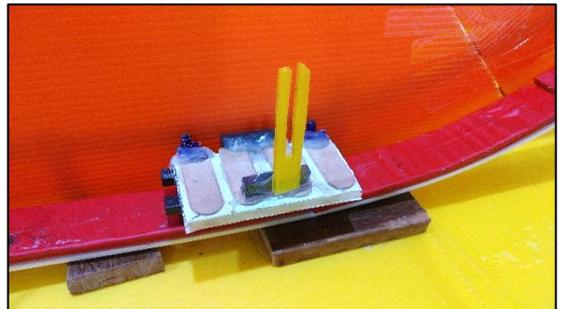
- 1.取數條電線壓條，拆去其外殼後以小木塊和螺絲釘固定於適當位置(盡量不軟化壓條)
- 2.以塑膠瓦楞板做為底座、積木做為支架
- 3.將電線壓條上的小木塊黏在支架上(改用單軌減少變因)
- 4.將塑膠瓦楞板裁切好，作為側面軌道，並確定固定的角鐵為 90 度和與磁軌的間距為一固定值
- 5.完成高低軌道製作(其它則和第二代相同)

#### 車體製作:

- 1.將一片 PVC 板，裁切至適當大小，並以布膠帶將磁鐵黏於車底(間距 0.5cm 共 6 顆)
- 2.以熱熔膠將小輪子和冰棒棍固定於車體側旁，使其與擋板間的摩擦減小
- 3.在車頂上方架設二根以吸管、紙片製成的小旗子，以供測數據用
- 4.完成模型車體製作

#### 實驗步驟:

- 1.將製作好的磁浮列車放上高低軌道
- 2.打開卡榫，觀察其下滑情形
- 3.利用光電閘記錄結果



結果:列車不但改善了以前第一、二代的各項缺點，而且在行進時的效果完全不遜色於我自製的平面磁浮列車模組，而且減少能量損耗的值很大，其速度、穩定度等效果都非常的好!

討論:我發現在列車向下俯衝時，會較難控制磁浮列車，容易失控，所以我就把較容易脫離的區域用上更多層的側面磁軌(是增加吸引力而不是穩定度)，其他仍維持一層，就解決了。

## 伍、研究結果

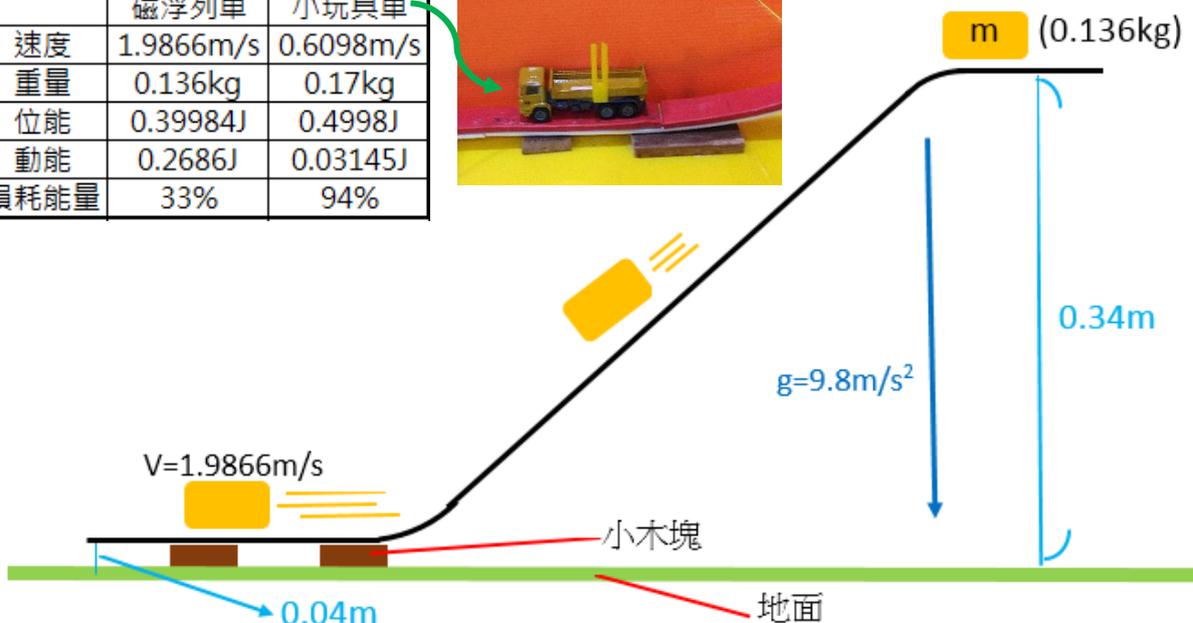
最後，我綜合了以上的變因及高低軌道，包括以 A 排列、間距 0cm 作為磁軌；以方向為直、各繳使用磁鐵數目為二顆(共八顆)、各角間二顆磁鐵間隔 1.5cm 作為車底磁鐵；以堆疊二層 (主要)、間隔 0cm、磁極不拘作為側面磁軌；並以地形起伏磁浮列車測試模組做出能量損耗的值(高低軌道仍在研究中)。經由測試後得知磁浮列車能量損耗(損耗 62 %的能量)比小玩具汽車(損耗 81.9 %的能量)小，因此本磁浮列車模組為成功的!另外，我也希望能將此磁

浮列車模組改良後(將幅度降低以減少部分區域側面磁軌的拉力，減低能量和速度的損耗)和斜面裝置應

用在列車進站和出站的時候，當進站時將動能藉由爬坡逐漸轉為位能，出站時就可以只藉由些微的動力和下坡向下滑回接近原先列車行駛的速度，而不需要大量的能源和煞車的損耗。



	磁浮列車	小玩具車
速度	1.9866m/s	0.6098m/s
重量	0.136kg	0.17kg
位能	0.39984J	0.4998J
動能	0.2686J	0.03145J
損耗能量	33%	94%



## 陸、討論

一、我發現磁浮列車模組會因為重量過重導致磁軌向後傾斜，所以我就多加幾個支柱固定，並用布膠帶黏於模組與桌面的交點，就解決了

- 二、我發現磁浮列車常常會因速度快速，造成減速的距離較長，但因桌子長度不足，所以我在桌緣末端加裝了二塊 PVC 板組成的 L 行板，以吸收撞擊力。
- 三、在實驗的過程中，我還發現若擋板側邊磁軌距離車體漂浮時的車底磁鐵太近，會出現很明顯的煞車現象，甚至是左右傾斜，於是我將車體上的磁鐵(吸附用)以短木條及冰棒棍架高並增加磁鐵(增重)，將擋板上的側面車體磁軌挪高，就使磁浮列車回到正常的狀態。
- 四、當我在製作第一代高低起伏的磁浮列車的過程中，我發現在將磁軌貼合於高低軌道的軌架上時，磁軌不能以一體成型的方式製作，因為當磁軌碰到彎道時，磁鐵與磁鐵間的距離就會拉大，也就會造成磁鐵有跳開的空間，進而造成整條磁軌全部跳開的情形，所以我就將磁軌分段區隔開，再用膠帶纏死，就解決了。
- 五、當我在製作第一代高低起伏的磁浮列車的過程中，我發現原先我使用的車長為 9cm，但是因為夾角太小會造成磁浮列車卡住，所以我將車長縮短一半，並將車底磁鐵從磁鐵 4 顆變為 2 顆，就解決了。
- 六、當我在製作第二代高低起伏的磁浮列車的過程中，我發現電線壓條雖然很軟(易彎折)，但是卻難以定型，因此我用吹風機軟化其塑膠，就搞定了。
- 七、當我在製作第三代高低起伏的磁浮列車的過程中，我發現在列車向下俯衝時，會較難控制磁浮列車，容易失控，所以我就把較容易脫離的區域用上更多層的側面磁軌(是增加吸引力而不是穩定度)，其他維持一層，就解決了。

## 柒、結論

- 一、在探討車軌磁鐵排列方式中，我發現排列 C 會因為磁極位於前後兩端造成磁力強度分布不均(前後較強、中間較弱)，所以決定不採用磁軌排列 C。另外，排列 A 和 B 的效果相當，但因排列 B 的較難固定且無法彎曲，所以最後決定採用磁軌排列 A 做以下研究。
- 二、在探討車軌磁鐵間間距中，磁軌只要有些微的間距就會因磁鐵和磁鐵間的鐵板(因磁鐵吸附在其上，所以已被磁鐵磁化)的吸力吸下去，但如果將間距縮得更小，又會因彼此間的排斥力過強，造成磁軌難以保存，所以我認為效果最好的磁軌間距就是零間距。

- 三、在探討車底磁鐵排列方向中，我發現因為鐵板的吸引力(被磁化)會拖慢速度，所以採用磁鐵以直的方式前進，並縮減磁鐵數目(加長車底磁鐵與鐵板的距離)，以減少拉力、加快速度。
- 四、在探討車底磁鐵間距中，我發現在間距 1.5cm 的時候效果會最好，是因為它的磁鐵分布較均勻且又不會因距離鐵板過近受到過強的拉力所影響，所以我決定採用各角磁鐵所佔的總寬度為 3.5cm(磁鐵寬度 1cm\*2+間距 1.5cm)做以下實驗。
- 五、在探討車底磁鐵各角數目中，我發現當車底磁鐵的數目為 2 顆(單角)且磁鐵所佔的總寬度為 3.5cm(磁鐵寬度+間距)時效果最佳，我認為應該是因為 8 顆磁鐵的重量加上車體的總重量恰好為 8 顆磁鐵支撐力的大小，甚至是小於支撐力，而 1(單角共 4 顆)或 3(單角共 12 顆)顆則是因支撐力不足導致磁浮列車在行進時較為不穩的現象，所以我決定採用各角磁鐵數目為二顆做以下實驗。
- 六、在探討側面磁軌之 N、S 極中，我發現車體對應側面磁軌的磁鐵面為 S、側面磁軌為 N 和車體對應側面磁軌的磁鐵面為 N、側面磁軌為 S 時的效果皆大同小異，差別只在於側面磁軌位置上的些微差距造成的誤差。所以我認為車體的對應磁鐵與側面磁軌的位置恰當對磁浮列車影響較大，而 N、S 極因產生的正向力幾乎相同，所以較無影響。
- 七、在探討側面磁軌之堆疊數目中，我發現側面磁軌的層數越多，正向力就越大，所以速度就越慢。而我也發現層數並不會增加穩定的程度，所以我就決定採用一層的磁軌做以下實驗。
- 八、在探討側面磁軌之間隔距離中，我發現雖然側面磁軌間隔距離為 1cm 的各種因素皆優於 0cm，但是因為 1cm 的間隔距離吸引力小，所以蠻容易脫離單邊的擋板，因此我決定採用側面磁軌間隔距離為 0cm 做以下實驗。
- 九、在探討綜合以上變因和地形的高低起伏的第一代中，我發現此模組會因為夾角太小而造成出現翻車的情況，在加上車體短且重量不足(為了適應軌道)，本身就很容易翻覆，所以我就將此模組加以改進，做成以下第二代地形起伏磁浮列車。
- 十、在探討綜合以上變因和地形的高低起伏的第二代中，我發現此模組有許多誤差的因素，像電線壓條軟化時會左右傾斜、側面的擋板的固定角鐵不為 90 度、磁軌和單邊黨版的間距不一致等，所以我就逐一修正改良出第三代地形起伏磁浮列車。

十一、在探討綜合以上變因和地形的高低起伏的第三代中，列車不但改善了以前第一、二代的各項缺點，而且行進時效果完全不遜色於我自製的平面磁浮列車模組，效果絕佳。

## 捌、參考資料及其他

(一)、磁懸浮列車-維基百科，自由的百科全書

<https://zh.wikipedia.org/wiki/>

(二)、磁浮列車原理

[nknush.kh.edu.tw/~art/technology/transportation/megareason.htm](http://nknush.kh.edu.tw/~art/technology/transportation/megareason.htm)

(三)、動手做好玩的磁浮列車模型-Adion 科學小教室-Model Maglev train

<https://www.youtube.com/watch?v=WQ86sN6sBxc>

(四)、Magnetic Levitation Train Kit

<https://www.youtube.com/watch?v=kIALxHYMdZI>

(五)、Maglev Train Project

<https://www.youtube.com/watch?v=HXQqfIb-NXc>

(六)、MAGLEV TRAIN HOW DOES IT WORKS Hindi/Urdu

<https://www.youtube.com/watch?v=4OZYdb-ZELI&list=WL&index=12&t=173s>

(七)、Maglev Train Assembly Instructions

<https://www.youtube.com/watch?v=KQH2UhHss6c&list=WL&index=15&t=0s>

**研究心得:** 歷時好幾個月的研究與時間賽跑，不斷的嚐試又經歷不斷的失敗過程中終於成功的完成了這個好玩又有趣的磁浮列車實驗，在研究的過程中，我才終於得知，原來如果使用普通磁鐵而非電磁鐵或超導磁鐵做軌道，是不可能完全漂浮的，所以我就將研究方向轉移到使用單邊擋板的磁浮列車，並和網路上的磁浮列車加以比較，製作出一台能適應高低起伏且效果最好的磁浮列車。也希望能在未來時學會 arduino 的一些基本程是指令，將霍爾感應器和電磁鐵融入磁浮列車的研究中，製作出一台能夠不依靠擋板且能利用磁極變換前進的磁浮列車。

## 【評語】 032912

本作品探討磁軌排列方式與間距，車底磁鐵排列方式與間距，側面磁軌NS極、堆疊數目及間隔、地形條件等對磁浮列車行長的影响，為延續作者前兩年作品之精進作品，展現作者努力研究的精神。此研究雖無非常創新之處，但筆墨之間可以感受是學生親自書寫研究以相對簡易的工具，自製「磁浮列車」，精神可嘉。

建議：研究報告宜更深入探討不同排法及磁鐵間交互作用關係。另，研究脈絡清楚明確，但報告中有些圖片和數據呈現方式宜改進。

# 摘要

從小，我就對磁鐵這種礦物感到新奇，而近幾年又出現一種利用電磁鐵的磁極變化來產生動力的交通工具——磁浮列車。所以我就上網蒐尋相關資料，結果卻意外的發現一整套的磁浮列車模組，因此我就針對它的各種模式加以變化，並將地形的變化融入研究中，做為這次的研究方向。在這次的實驗中，我探討了(1)磁軌排列方式及間距(2)車底磁鐵的排列方式、方向及間距(3)側面磁軌NS極、堆疊數目及間隔，並在最後將以上的最好變因融入高低起伏的地形中，做出一款不需動力就能向上、下滑行且效果最好的磁浮列車。

## 研究動機

從小，我就對磁鐵這種礦物感到新奇，因為它能將鐵、鈷、鎳等金屬製品在不碰到的情況下，將它給吸了起來。而最近幾年又出現一種利用電磁鐵的磁極變化來產生動力的交通工具——磁浮列車。曾經聽到新聞報導，日本磁浮列車時速可以達到603公里，我的心就跟著飛了起來，所以就想利用這個機會學以致用，自己動手做一台小型的磁浮列車，也想趁著這個機會，將磁浮列車的秘密通通找出來。

## 研究目的

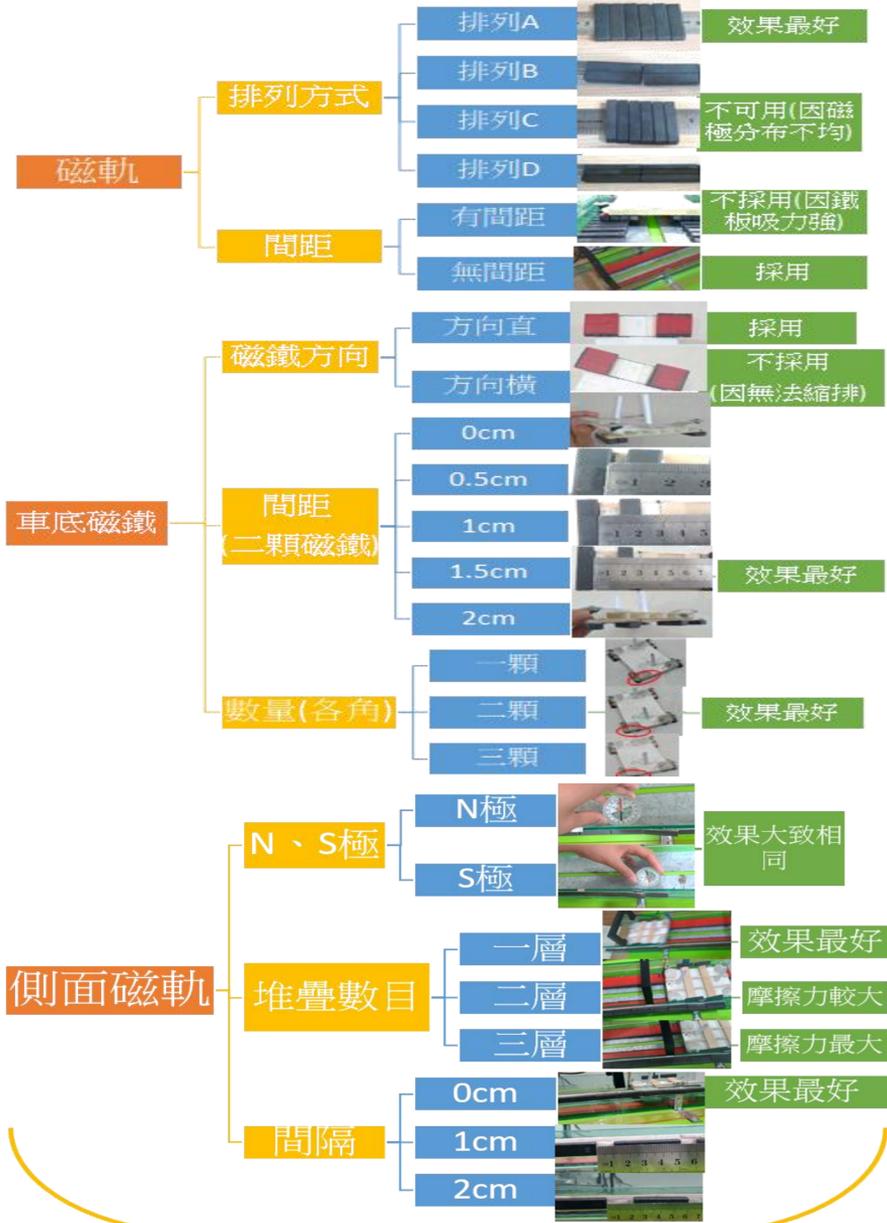
- 一、探討磁軌排列方式及間距對磁浮列車的影響，並找出最佳效能之模組
- 二、探討車底的排列方式、方向及間距對磁浮列車的影響，並找出最佳效能之模組
- 三、探討側面磁軌NS極、堆疊數目及間隔對磁浮列車的影響，並找出最佳效能之模組
- 四、探討綜合以上變因和地形的高低起伏對磁浮列車的影響，並找出最佳效能之模組

## 研究器材與設備

磁鐵若干個、強力磁鐵、PVC板、鋼板、L型角鋼、小馬達、排尺、塑膠瓦楞板、棉線、塑鋼土、四驅車的小輪子、紙片、冰棒棍、膠帶、雙面膠、鐵尺、小玩具車、鐵粉、剪刀、光電開關模組、手機、玻璃板、木條、高低軌道、積木、電線壓條等

## 研究過程與方法

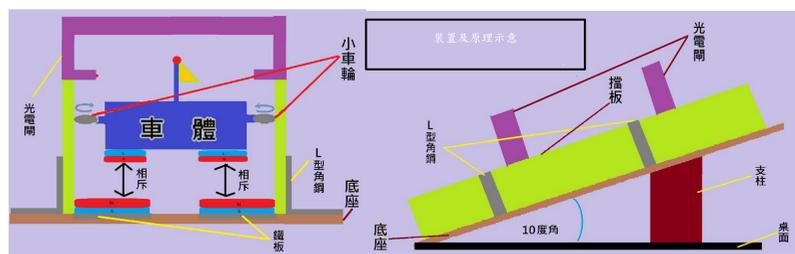
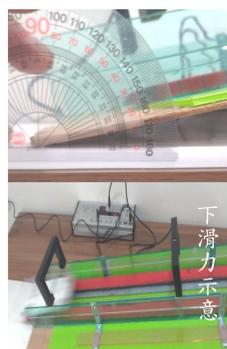
### 研究架構



### (二)模型製作

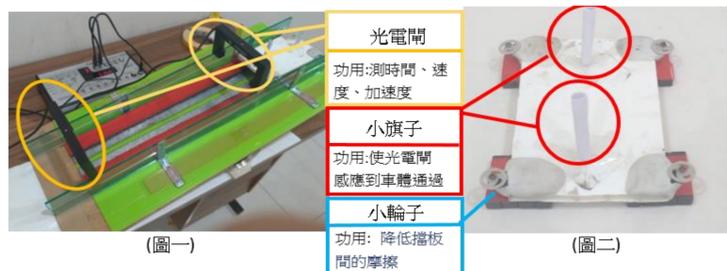
#### 1. 原理:

磁浮列車模型主要是利用同極相斥的原理，使磁浮列車能夠漂浮在軌道上，不過仍需在軌道旁以擋板支撐，才不會因為排斥力過強而被推出軌道。但因舊版的磁浮列車模組摩擦力太大，導致出現不正常現象可能提高，於是在車體邊緣加裝輪子，以降低摩擦、加快速度和降低不正常狀況的可能性。動力的部分則是利用下滑力(地球引力)使磁浮列車有前進的動力，所以我在磁浮列車的出發點加裝了卡榫。另外，因為速度的提升，導致測量的部分無法以手按碼表的方式計各項數據，所以我將二個光電開關架於擋板上方，供測量用。



#### 2. 軌道製作說明:

- (1). 首先，先取一片木板、一片塑膠瓦楞板和兩片鐵板黏合，作為底座
- (2). 再將壓克力條用L型角鋼固定於底座，作為擋板
- (3). 接著將若干個磁鐵以PVC膠帶黏成二條長60cm的磁鐵條，將其平貼於鐵板上
- (4). 將一小段吸管黏於擋板內壁，再將螺絲起子插入，作為起點之用
- (5). 將光電開關架設於擋板之上，以供測數據用(如下圖一)
- (6). 完成底部磁軌測試之模型軌道軌道製作

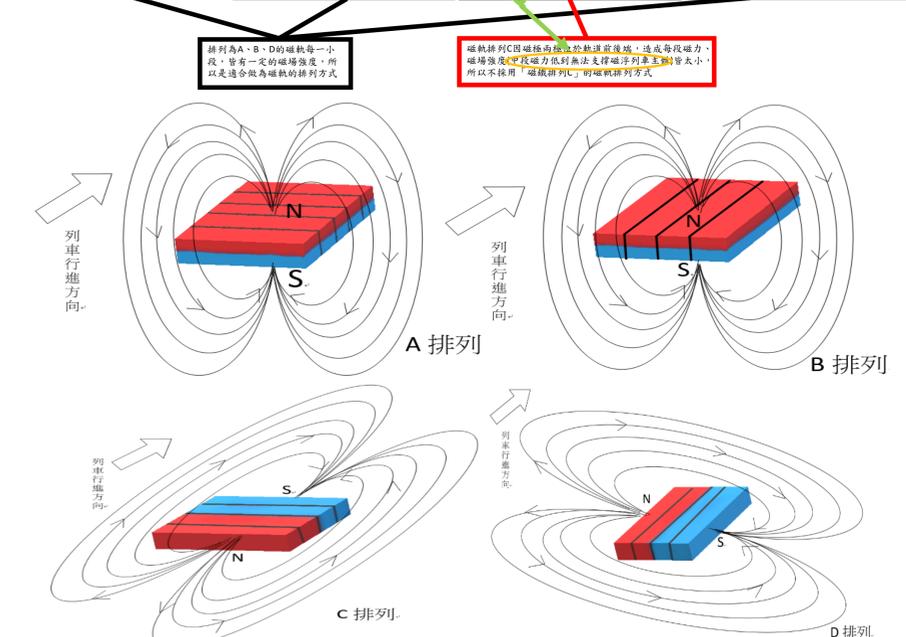
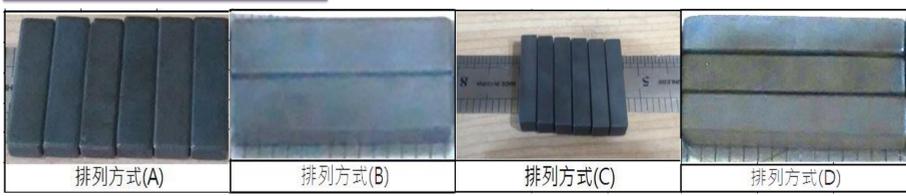


#### 3. 車體製作說明(如上圖二):

- (1). 先取一片PVC板，裁切至適當大小，並以布膠帶將磁鐵黏於車底
- (2). 取一適當長度，以塑鋼土將小輪子固定於車體側旁，使其與擋板間的摩擦減小
- (3). 在車頂上方架設二根以吸管、紙片製成的小旗子，以供測數據用
- (4). 完成模型車體製作

## 三、探討磁軌的不同變因對磁浮列車的影響

### (一)車軌磁鐵之排列方式



## 自製磁浮列車實驗設計與元件製作:

### (一)舊版圓形相吸型磁浮列車模型與市面上販賣的磁浮列車模型比較

	舊版圓形相吸型磁浮列車		市面上的磁浮列車模型	
	優點	缺點	優點	缺點
1	使用馬達帶動磁鐵轉動於磁軌上，速度較快	兩磁軌間間距需剛好偏差值極小，否則無法浮起	使用電磁鐵噪音小、車體穩	只有單邊的滑軌，容易因離心力而脫離軌道
2	使用纜線的方式，使磁浮列車較輕盈，速度加快	電力的供應會因受到外界停電而導致安全的疑慮	電力的供應不會因受到外界停電而導致安全的疑慮	電力由車體提供，會增加重量導致車速減慢
3	車體較不會因離心力而脫離軌道(除了馬達空轉造成的暴衝)	藉由磁鐵的轉動產生前進的動力，因此產生的正向力較大，摩擦力較大以致車速減慢	藉由電磁鐵的磁極變化加上小輔助輪前進，產生的正向力較小，但仍會導致車速減慢	使用電磁鐵的磁極變化前進，速度較慢



市面上的磁浮列車

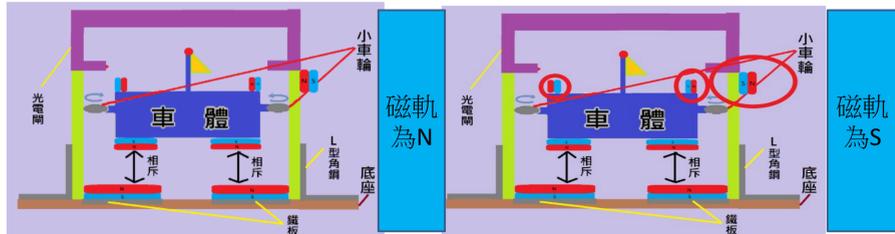


舊版圓形相吸型磁浮列車

因此我就將以上二種磁浮列車的優點合而為一，作為本實驗研究方向

## 五、探討側面磁軌的不同變因對磁浮列車的影響

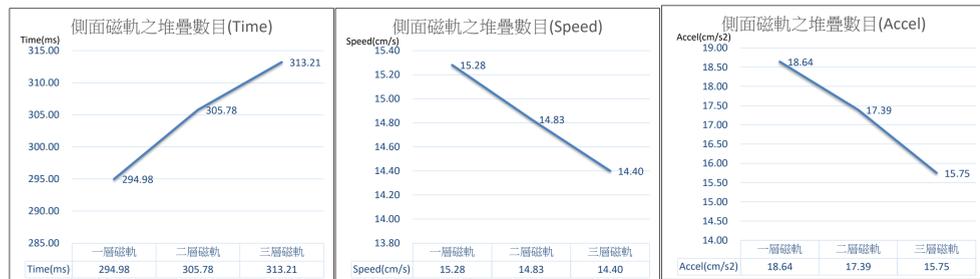
### (一)側面磁軌之N、S極



我發現當車體為S、側面磁軌為N和車體為N、側面磁軌為S時的效果皆大同小異，差別只在於側面磁軌位置上的些微差距造成的誤差。所以我認為車體的對應磁鐵與側面磁軌的位置恰當對磁浮列車影響較大，而N、S極因產生的正向力幾乎相同，所以較無影響。

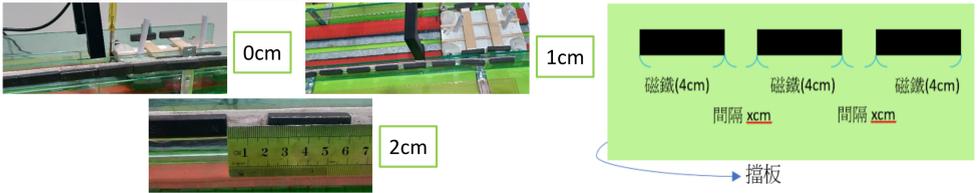
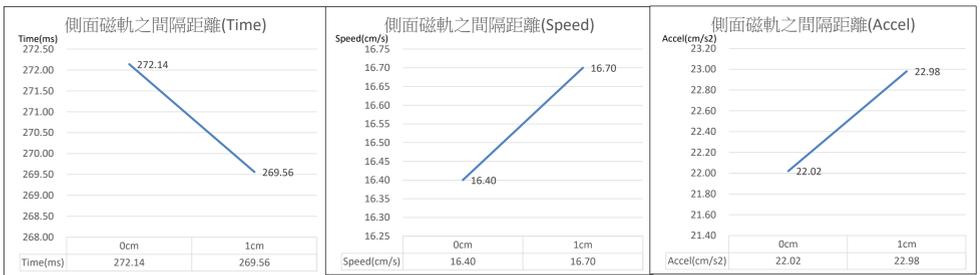
討論:在實驗的過程中，我還發現若擋板側面磁軌距離車體漂浮時的车底磁鐵太近，會出現很明顯的煞車現象，甚至是左右傾斜，於是將車體上的磁鐵(吸附用)以短木條及冰棒棍架高並增加磁鐵(增重)，將擋板上的側面車體磁軌擡高，就使磁浮列車回到正常的狀態。

### (二)側面磁軌之堆疊數目



由實驗後得:我發現側面磁軌的層數越多，正向力就越大，所以速度就越慢。而我也發現層數並不會增加穩定的程度，所以我就決定採用一層的磁軌做以下實驗。

### (三)側面磁軌之間隔距離



經由實驗後得知:我發現側面磁軌間隔距離為2cm時，磁浮列車完全無法僅靠單邊擋板行駛。但是雖然側面磁軌間隔距離為1cm的各種因素皆優於0cm，不過因為1cm距離短、吸引力小，所以容易脫離單邊的擋板，因此我決定採用側面磁軌間隔距離為0cm做以下實驗。

## 六、探討綜合以上變因和地形的高低起伏對磁浮列車的影響

### 第一代

#### 軌道製作:

1. 以磁軌排列A的方式，將間距零的間距將磁軌緊密貼和至高低軌道上
2. 在高低軌道的背面黏上磁鐵(零間距的側面磁軌)，使車體僅靠單邊磁軌前進
3. 完成高低軌道製作

討論:我發現在將磁軌貼合於高低軌道的軌架上時，磁軌不能以一體成型的方式製作，因為當磁軌碰到彎道時，磁鐵與磁鐵間的距離就會拉大，也就造成磁鐵有跳開的空間，進而造成整條磁軌全部跳開的情形，所以我就將磁軌分段區隔開，再用膠帶纏死，就解決了。

#### 車體製作:

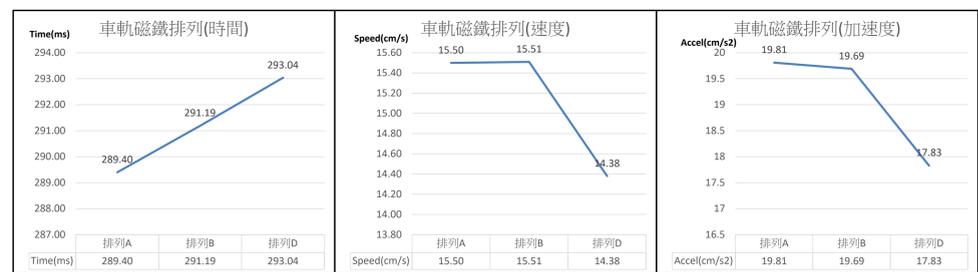
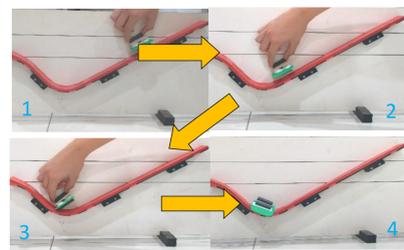
1. 將二個小輪子以塑鋼土固定於塑膠瓦楞板上作為車體
2. 將磁鐵以二顆間距1.5cm的方式裝至車底
3. 在車頂上裝一顆磁鐵，使其與側面磁軌相吸
4. 完成車體製作

討論:當我在實驗的過程中，我發現原先我使用的車長為9cm，但是因為夾角太小會造成磁浮列車卡住，所以我將車長縮短一半，並將車底磁鐵從磁鐵4顆變為2顆，就解決了。

#### 實驗步驟:

1. 將製作好的磁浮列車放上高低軌道
2. 輕推磁浮列車，觀察其下滑情形
3. 利用光電閘記錄結果

實驗後我發現此模組因夾角太小而造成出現翻車的情況(如右圖)，在加上車體短且重量不足(為了適應軌道)，本身就容易翻覆，所以我就將此模組加以改進，做成以下第二代地形起伏磁浮列車。



由以上結果我發現排列C會因為磁極位於前後兩端造成磁力強度分布不均(前後較強、中間較弱)，所以決定不採用磁軌排列C。另外，排列A和B的效果相當，但因排列B的較難固定且無法彎曲，所以最後決定採用磁軌排列A做以下研究。

討論:我發現磁浮列車模組會因為重量過重導致磁軌向後傾斜，所以我就多加幾個支柱固定，並用布膠帶黏於模組與桌面的交點，就解決了

### (二)車軌磁鐵之間距

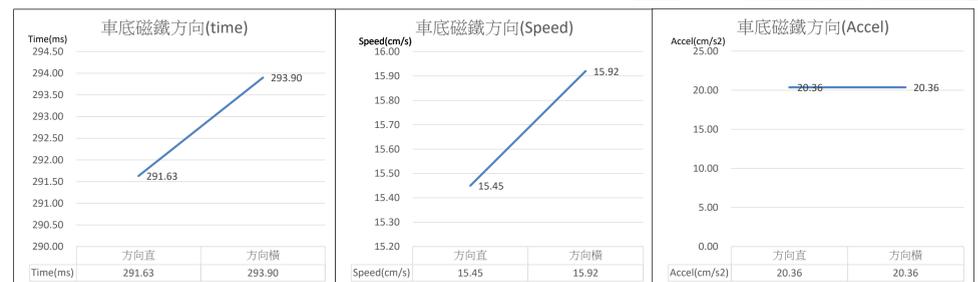
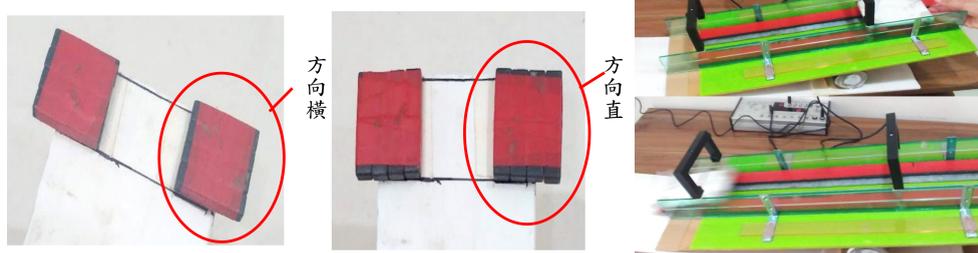


經由實驗後得知磁軌只要有些微的間距就會因為磁鐵和磁鐵間的鐵板(因磁鐵吸附在其上，所以已被磁鐵磁化)的吸力吸下去，但如果將其間距縮得更小，又會因彼此間的排斥力過強，造成磁軌難以保存，所以我認為效果最好的磁軌間距就是零間距。

討論:我發現磁浮列車常常會因速度快速，造成減速的距離較長，但因桌子長度不足，所以我在桌緣末端加裝了二塊PVC板組成的L行板，以吸收撞擊力。

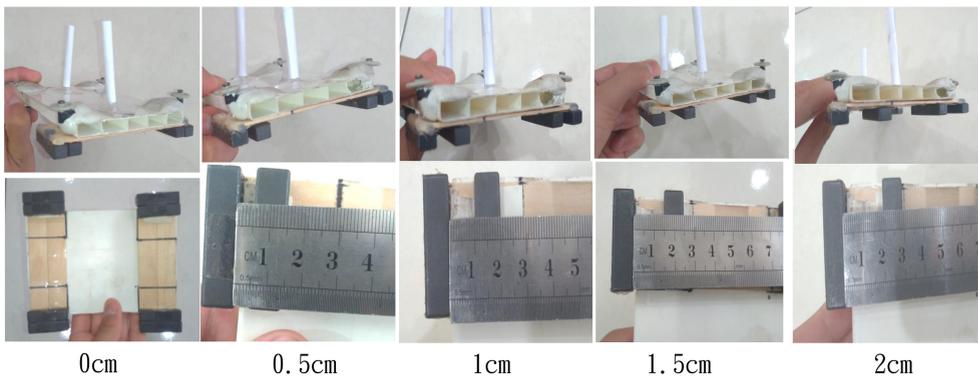
## 四、探討車底磁鐵的不同變因對磁浮列車的影響

### (一)車底磁鐵之排列方向



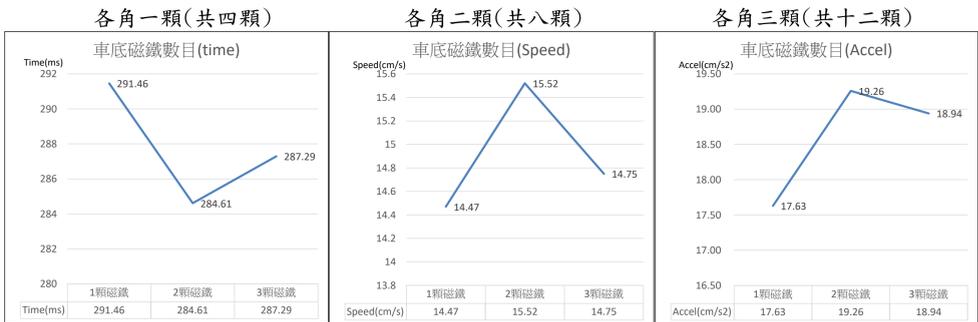
由以上結果可得我發現因為鐵板的吸引力(被磁化)會拖慢速度，所以採用磁鐵以直的方式前進，並縮減磁鐵數目(加長車底磁鐵與鐵板的距離)，以減少拉力、加快速度。

### (二)車底磁鐵之間距



經由實驗後我發現在間距1.5cm的時候效果會最好，是因為它的磁鐵分布較均勻且又不會因距離鐵板過近受到過強的拉力所影響，所以我決定採用各角磁鐵所佔的總寬度為3.5cm(磁鐵寬度1cm\*2+間距1.5cm)做以下實驗。

### (三)車底磁鐵之各角數目



經由實驗後我認為應該是因為8顆磁鐵的重量加上車體的總重量恰好為8顆磁鐵支撐力的大小，甚至小於支撐力，而1(單角共4顆)或3(單角共12顆)顆則是因支撐力不足導致磁浮列車在行進時較為不穩的現象，所以我決定採用各角磁鐵數目為二顆做以下實驗。

## 第二代

軌道製作:

1. 先取數條電線壓條，拆去其外殼並彎成所要的高低軌道彎度
2. 以塑膠瓦楞板做為底座、積木做為支架將電線壓條固定
3. 以磁軌排列A的方式，將間距零的間距將磁軌緊密貼和至電線壓條上
4. 將塑膠瓦楞板裁切好，作為側面軌道，使其與磁軌相對應
5. 在塑膠瓦楞板(側面磁軌)的背面黏上磁鐵(零間距的側面磁軌)
6. 固定一個卡桿，使其起跑點固定
7. 完成高低軌道製作

討論:當我在製作的過程中，我發現電線壓條雖然很軟(易彎折)，但是卻難以定型，因此我用吹風機軟化其塑膠，就搞定了。

車體製作:

1. 以原先磁浮列車測試模組的磁浮列車做為車子
2. 將一側的小輪子拆除
3. 完成車體製作

實驗步驟:

1. 將製作好的磁浮列車放上高低軌道
2. 打開卡桿，觀察其下滑情形
3. 利用光電閘記錄結果



結果:最後我發現此模組有許多誤差的因素，像電線壓條軟化時會左右傾斜、側面的擋板的固定角鐵不為90度、磁軌和單邊擋板的間距不一致等，所以我就逐一修正改良出第三代地形起伏磁浮列車。

## 第三代

軌道製作:

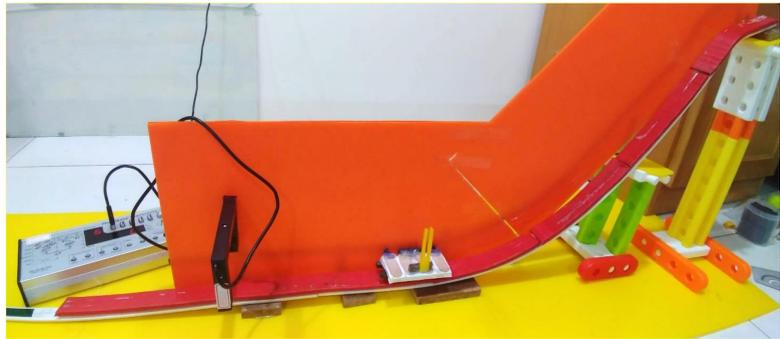
1. 取數條電線壓條，拆去其外殼後以小木塊和螺絲釘固定於適當位置(盡量不軟化壓條)
2. 以塑膠瓦楞板做為底座、積木做為支架
3. 將電線壓條上的小木塊黏在支架上(改用單軌減少變因)
4. 將塑膠瓦楞板裁切好，作為側面軌道，並確定固定的角鐵為90度和與磁軌的間距為一固定值
5. 完成高低軌道製作(其它則和第二代相同)

車體製作:

1. 將一片PVC板，裁切至適當大小，並以布膠帶將磁鐵黏於車底(間距0.5cm共6顆)
2. 以熱熔膠將小輪子和冰棒棍固定於車體側旁，使其與擋板間的摩擦減小
3. 在車頂上方架設二根以吸管、紙片製成的小旗子，以供測數據用
4. 完成模型車體製作

實驗步驟:

1. 將製作好的磁浮列車放上高低軌道
2. 打開卡桿，觀察其下滑情形
3. 利用光電閘記錄結果

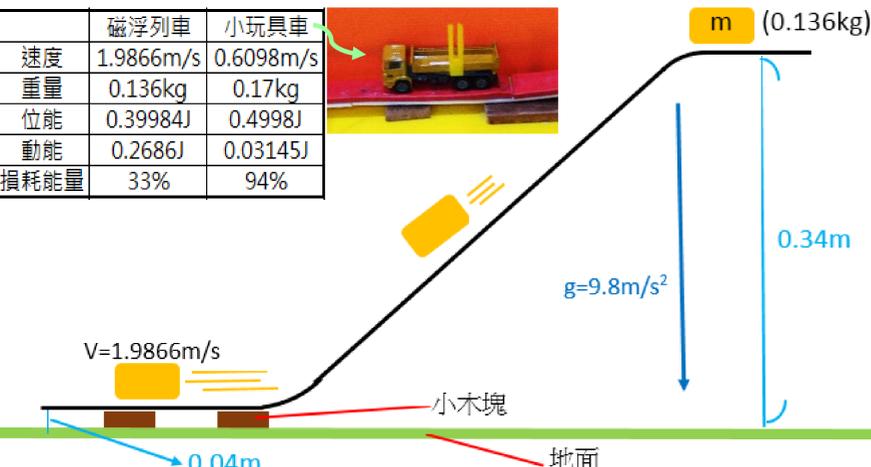
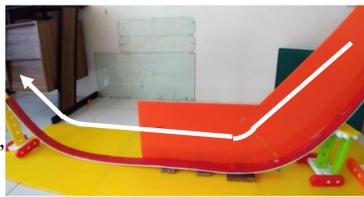


結果:列車不但改善了以前第一、二代的各項缺點，而且在行進時的效果完全不遜色於我自製的平面磁浮列車模組，而且減少能量損耗的值很大，其速度、穩定度等效果都非常的好!

討論:我發現現在列車向下俯衝時，會較難控制磁浮列車，容易失控，所以我就把較容易脫離的區域用上更多層的側面磁軌(是增加吸引力而不是穩定度)，其他仍維持一層，就解決了。

## 研究結果

最後，我綜合了以上的變因及高低軌道，包括以A排列、間距0cm作為磁軌；以方向為直、各角使用磁鐵數目為二顆(共八顆)、各角間二顆磁鐵間隔1.5cm作為車底磁鐵；以堆疊二層(主要)、間隔0cm、磁極不拘作為側面磁軌；並以地形起伏磁浮列車測試模組做出能量損耗的值。經由測試後得知磁浮列車能能量損耗(損耗33%的能量)比小玩具汽車(損耗94%的能量)小，因此本磁浮列車模組為成功的!另外，我也希望能將此磁浮列車模組改良後(將幅度降低以減少部分區域側面磁軌的拉力，減低能量和速度的損耗)和斜面裝置應用在列車進站和出站的時候，當進站時將動能藉由爬坡逐漸轉為位能，出站時就可以只藉由些微的動力和下坡向下滑回接近原先列車行駛的速度，而不需要大量的能源和煞車的損耗。



## 討論

- 一、我發現磁浮列車模組會因為重量過重導致磁軌向後傾斜，所以我就多加幾個支柱固定，並用布膠帶黏於模組與桌面的交點，就解決了
- 二、我發現磁浮列車常常會因速度快速，造成減速的距離較長，但因桌子長度不足，所以我在桌緣末端加裝了二塊PVC板組成的L行板，以吸收撞擊力。
- 三、在實驗的過程中，我還發現若擋板側邊磁軌距離車體漂浮時的車底磁鐵太近，會出現很明顯的煞車現象，甚至是左右傾斜，於是我就將車體上的磁鐵(吸附用)以短木條及冰棒棍架高並增加磁鐵(增重)，將擋板上的側面車體磁軌挪高，就使磁浮列車回到正常的狀態。
- 四、當我在製作第一代高低起伏的磁浮列車的過程中，我發現在將磁軌貼合於高低軌道的軌架上時，磁軌不能以一體成型的方式製作，因為當磁軌碰到彎道時，磁鐵與磁鐵間的距離就會拉大，也就會造成磁鐵有跳開的空間，進而造成整條磁軌全部跳開的情形，所以我就將磁軌分段區隔開，再用膠帶纏死，就解決了。
- 五、當我在製作第一代高低起伏的磁浮列車的過程中，我發現原先我使用的車長為9cm，但是因為夾角太小會造成磁浮列車卡住，所以我就將車長縮短一半，並將車底磁鐵從磁鐵4顆變為2顆，就解決了。
- 六、當我在製作第二代高低起伏的磁浮列車的過程中，我發現電線壓條雖然很軟(易彎折)，但是卻難以定型，因此我用吹風機軟化其塑膠，就搞定了。
- 七、當我在製作第三代高低起伏的磁浮列車的過程中，我發現在列車向下俯衝時，會較難控制磁浮列車，容易失控，所以我就把較容易脫離的區域用上更多層的側面磁軌(是增加吸引力而不是穩定度)，其他維持一層，就解決了。

## 結論

- 一、在探討車軌磁鐵排列方式中，我發現排列C會因為磁極位於前後兩端造成磁力強度分布不均(前後較強、中間較弱)，所以決定不採用磁軌排列C。另外，排列A和B的效果相當，但因排列B的較難固定且無法彎曲，所以最後決定採用磁軌排列A做以下研究。
- 二、在探討車軌磁鐵間的間距中，磁軌只要有些微的間距就會因磁鐵和磁鐵間的鐵板(因磁鐵吸附在其上，所以已被磁鐵磁化)的吸力吸下去，但如果將間距縮得更小，又會因彼此間的排斥力過強，造成磁軌難以保存，所以我認為效果最好的磁軌間距就是零間距。
- 三、在探討車底磁鐵排列方向中，我發現因為鐵板的吸引力(被磁化)會拖慢速度，所以採用磁鐵以直的方式前進，並縮減磁鐵數目(加長車底磁鐵與鐵板的距離)，以減少拉力、加快速度。
- 四、在探討車底磁鐵間距中，我發現在間距1.5cm的時候效果會最好，是因為它的磁鐵分布較均勻且又不會因距離鐵板過近受到過強的拉力所影響，所以我決定採用各角磁鐵所佔的總寬度為3.5cm(磁鐵寬度1cm\*2+間距1.5cm)做以下實驗。
- 五、在探討車底磁鐵各角數目中，我發現當車底磁鐵的數目為2顆(單角)且磁鐵所佔的總寬度為3.5cm(磁鐵寬度+間距)時效果最佳，我認為應該是因為8顆磁鐵的重量加上車體的總重量恰好為8顆磁鐵支撐力的大小，甚至是小於支撐力，而1(單角共4顆)或3(單角共12顆)顆則是因支撐力不足導致磁浮列車在行進時較為不穩的現象，所以我決定採用各角磁鐵數目為二顆做以下實驗。
- 六、在探討側面磁軌之N、S極中，我發現車體對應側面磁軌的磁鐵面為S、側面磁軌為N和車體對應側面磁軌的磁鐵面為N、側面磁軌為S時的效果皆大同小異，差別只在於側面磁軌位置上的些微差距造成的誤差。所以我認為車體的對應磁鐵與側面磁軌的位置恰當對磁浮列車影響較大，而N、S極因產生的正向力幾乎相同，所以較無影響。
- 七、在探討側面磁軌之堆疊數目中，我發現側面磁軌的層數越多，正向力就越大，所以速度就越慢。而我也發現層數並不會增加穩定的程度，所以我就決定採用一層的磁軌做以下實驗。
- 八、在探討側面磁軌之間隔距離中，我發現雖然側面磁軌間隔距離為1cm的各種因素皆優於0cm，但是因為1cm的間隔距離吸引力小，所以蠻容易脫離單邊的擋板，因此我決定採用側面磁軌間隔距離為0cm做以下實驗。
- 九、在探討綜合以上變因和地形的高低起伏的第一代中，我發現此模組會因為夾角太小而造成出現翻車的情況，在加上車體短且重量不足(為了適應軌道)，本身就很容易翻覆，所以我就將此模組加以改進，做成以下第二代地形起伏磁浮列車。
- 十、在探討綜合以上變因和地形的高低起伏的第二代中，我發現此模組有許多誤差的因素，像電線壓條軟化時會左右傾斜、側面的擋板的固定角鐵不為90度、磁軌和單邊擋板的間距不一致等，所以我就逐一修正改良出第三代地形起伏磁浮列車。
- 十一、在探討綜合以上變因和地形的高低起伏的第三代中，列車不但改善了以前第一、二代的各項缺點，而且行進時效果完全不遜色於我自製的平面磁浮列車模組，效果絕佳。

## 參考資料及其他

參考資料:

- (一)、磁懸浮列車-維基百科，自由的百科全書  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/>
- (二)、磁浮列車原理  
[nknush.kh.edu.tw/~art/technology/transportation/megareason.htm](http://nknush.kh.edu.tw/~art/technology/transportation/megareason.htm)
- (三)、動手做好玩的磁浮列車模型-Adion科學小教室-Model Maglev train  
<https://www.youtube.com/watch?v=WQ86sN6sBxc>
- (四)、Magnetic Levitation Train Kit  
<https://www.youtube.com/watch?v=kIALxHYMdZI>
- (五)、Maglev Train Project  
<https://www.youtube.com/watch?v=HXQqfIb-NXc>
- (六)、MAGLEV TRAIN HOW DOES IT WORKS Hindi/Urdu  
<https://www.youtube.com/watch?v=4OZYdb-ZELI&list=WL&index=12&t=173s>
- (七)、Maglev Train Assembly Instructions  
<https://www.youtube.com/watch?v=KQH2UhHss6c&list=WL&index=15&t=0s>

研究心得:

歷時好幾個月的研究與時間賽跑，不斷的嚐試又經歷不斷的失敗過程中終於成功的完成了這個好玩又有趣的磁浮列車實驗，在研究的過程中，我才終於得知，原來如果使用普通磁鐵而非電磁鐵或超導磁鐵做軌道，是不可能完全漂浮的，所以我就將研究方向轉移到使用單邊擋板的磁浮列車，並和網路上的磁浮列車加以比較，製作出一台能適應高低起伏且效果最好的磁浮列車。也希望能在未來時學會arduino的一些基本程是指令，將霍爾感應器和電磁鐵融入磁浮列車的研究中，製作出一台能夠不依靠擋板且能利用磁極變換前進的磁浮列車。