

中華民國第 62 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

佳作

032902

飛天魔板~探討利用強力磁鐵配置磁浮滑板、磁軌之設計及其應用

學校名稱：彰化縣立陽明國民中學

作者： 國二 蔡禎倪 國二 劉羿均 國二 粘芄睿	指導老師： 蔡名峯 陳炳彰
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：磁浮、磁軌、強力磁鐵

摘要

本實驗藉由 3D 建模及雷切加工方式將廢棄木板精準建置具有不同磁鐵間距的磁浮滑板與磁軌，再藉由磁鐵擺放位置的配置優化其移動效率。實驗中對滑板重量、軌道傾斜角度及軌道表面粗糙度等參數對其移動的效率進行探討。實驗結果顯示當軌道上方磁鐵的排列與地面垂直磁浮滑板的平衡最佳，且磁浮滑板磁鐵的配置是影響平衡的重大因素，研究中發現滑板底部磁鐵數量 4 個並取 10mm-16mm 間隔排列且磁鐵必須在最外緣平衡效果極佳，且磁軌之磁鐵間距利用鐵線緊結合到寬度約 2mm 時具有最佳的移動穩定性。將上述實驗成果應用於「你推我跑」、「水上漂」等平衡遊戲活動時，可讓參與者體驗如何控制磁浮滑板及增加其滑行速度。

壹、研究動機

電影「回到未來」背景中，男主角在磁浮滑板上帥氣的身影讓本組深深著迷，便想要研究它的原理，並且製成一架模型。經過對磁浮原理進一步的認識，發現簡單來說它就是在滑板板身與地面上加裝磁極相同的強力磁鐵，利用同極相斥讓滑板在空中浮動，而且不依靠外界的其他外力；本次實驗是利用磁浮的原理去試驗，把滑板加裝上磁鐵，並探討同樣磁場的磁力裝置，將磁鐵放置適當的位置就可讓滑板浮起。磁力是影響滑板浮力的關鍵，且必須要用強力磁鐵才能負荷本身的重量。藉由本實驗，想了解磁鐵如何排列更容易成功的浮離地面，實驗中並比較有無磁浮裝置之滑板優缺點與差異、並探討滑板重量與坡度對滑板移動的影響。

貳、研究目的

本實驗的目的在於研發出適合磁浮滑板的軌道裝置以及滑板型態，為了使滑板滑行更加穩定，參考了既有的跟磁浮滑板相似度高的磁浮列車研究文獻，並從中改良及探討磁鐵排列方式及載重對滑板滑行的影響。相關實驗設計如下：

- 一、傳統輪式滑板在相同材質**不同坡度**自然下滑的移動速度。
- 二、比較傳統輪式滑板與磁浮滑板在特定斜坡**不同坡面材質**自然下滑的移動速度。
- 三、探討強力磁鐵擺放在**軌道中間**或**軌道兩側**對磁浮滑板平衡的影響。
- 四、探討片狀強力磁鐵的**設置方向**對**磁力強度**的影響。
- 五、探討不同滑板**重量**、不同磁軌之**磁鐵間距**對磁浮滑板的下滑移動速度影響。
- 六、探討磁浮滑板下滑移動速度的因素？
- 七、探討滑板下方加裝**不同形狀**及**不同重量**之**穩定器**對平衡的影響。
- 八、探討在**不用穩定器**情況下磁浮滑板**可達完全平衡**的可行性？
- 九、平衡遊戲應用活動與體驗。

參、研究設備及器材

一、設備及器材：本實驗的基本器材














				
圖 3-1 板身	圖 3-2 傳統輪式滑板	圖 3-3 強力磁鐵 50X10X2(mm)	圖 3-4 砂紙#80 #220、#1000	圖 3-5 洗衣夾(調整光電計時器感測頭高度)
				
圖 3-6 手機	圖 3-7 公仔	圖 3-8 鐵尺	圖 3-9 棉線	圖 3-10 指北針
				
圖 3-11 手轉螺絲	圖 3-12 L角鐵	圖 3-13 配重黏土	圖 3-14 美工刀	圖 3-15 標籤貼紙

				
圖 3-16 丟棄的寫生木板	圖 3-17 廢棄木地	圖 3-18 廢棄課表透明板(滑板)	圖 3-19 廢棄科展紙板	圖 3-20 回收塑膠瓶(雷切割板)
				
圖 3-21 廢棄壓克力板	圖 3-22 回收衣架(中間鐵線連結二強力磁鐵)	圖 3-23 好市多透明水果盒(觀察磁力線)	圖 3-24 紙箱	圖 3-25 可調式變壓器

二、加工機器及工具：用於材料的加工及黏合

				
圖 3-26 雷切機	圖 3-27 3D 列印機	圖 3-28 手線鋸	圖 3-29 電磁鐵 12V	圖 3-30 鐵粉
				
圖 3-31 壓克力黏著劑	圖 3-32 快乾劑	圖 3-33 壓克力雙面膠帶	圖 3-34 TT 馬達 1 : 90	圖 3-35 可變電阻 100 歐姆

三、測量、記錄工具及參考教具：測量秒數、坡道、重量的工具及攝影器材

				
圖 3-36 電子天平 A	圖 3-37 電子天平 B	圖 3-38 電子天平 C	圖 3-39 電子吊稱 A	圖 3-40 電子吊稱 B

				
圖 3- 41 光電計時器	圖 3- 42 傾角儀	圖 3- 43 圓剛 PW313	圖 3- 44 羅技 C922	圖 3- 45 高速攝影機
				
圖 3- 46 游標卡尺	圖 3- 47 千斤頂	圖 3- 48 教具-磁浮列車	圖 3- 49 教具-磁浮陀螺	圖 3- 50 教具-磁懸浮

四、實驗相關軟體說明:用於繪畫、建模、編輯等軟體

				
圖 3- 51 Onshape 線上版設計圖繪製軟體(雷切及 3D 圖繪製使用)	圖 3- 52 螢幕剪取軟體	圖 3- 53 TINKERCAD 3D 繪製軟體	圖 3- 54 自動去背網站示意圖製作	圖 3- 55 google docs 利用共編撰寫實驗日誌
				
圖 3- 56 示意圖製作及流程圖製作	圖 3- 57 影片剪輯軟體會聲會影	圖 3- 58 利用 OneDrive 共同編輯作品說明書	圖 3- 59 RDWork 雷切軟體	圖 3- 60 creality slicer 1.2.3D 列印切片軟體
				
圖 3- 61 Obs Studio 錄製多鏡頭畫面	圖 3- 62 小畫家 3D	圖 3- 63 影片剪輯軟體會聲會影		

五、實驗平台：

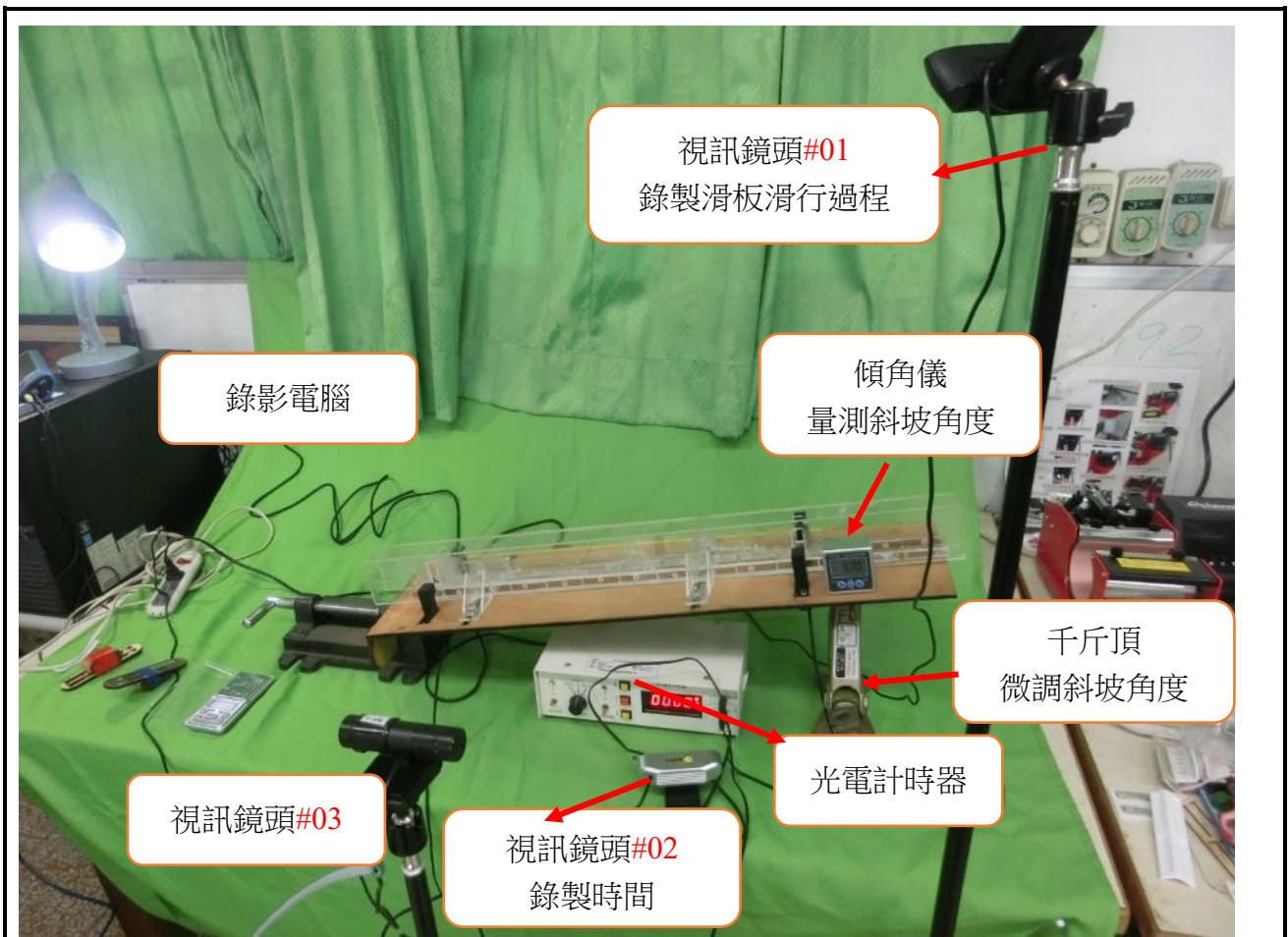


圖 3- 64 實驗平台



圖 3- 65 利用 Obs Studio 全程錄製實驗過程

六、磁浮滑板設計過程：

(一)第一代原型滑板：

			
<p>圖 3-66 在木頭板身上用膠布固定兩塊強力磁鐵，但磁力很難達到平衡</p>	<p>圖 3-67 於是本組將它改良為四個磁鐵設置於底部較平均</p>	<p>圖 3-68 四個磁鐵排成兩排且用膠布固定住</p>	<p>圖 3-69 意外發現在滑板底部加上紙箱摺成的小方塊能讓滑板滑行時更加平衡、穩定是本組將小方塊稱之為"穩定器"</p>

(二)第二代磁浮滑板：

			
<p>圖 3-70 利用傳統滑板製作出磁浮滑板</p>	<p>圖 3-71 在底部加裝強力磁鐵左右各一片</p>	<p>圖 3-72 為傳統滑板與第二代磁浮滑板</p>	<p>圖 3-73 為第二代磁浮滑板滑行圖</p>

(三)第三代磁浮滑板：

			
<p>圖 3-74 利用雷射切割加上 3D 列印的技術，做出三種不同角度的磁浮滑板</p>	<p>圖 3-75 第一種角度為三十度的磁浮滑板板身</p>	<p>圖 3-76 二種板身角度為四十五度角</p>	<p>圖 3-77 最後一種為六十度角的磁浮滑板板身</p>

(四)第四-七代磁浮滑板設計過程：

			
<p>圖 3-78 3D 列印技術設計出第四代磁浮滑板的板與下板</p>	<p>圖 3-79 利用緊配合設計出單片是小間距滑板</p>	<p>圖 3-80 設計雙片接合且大間距有框之滑板</p>	<p>圖 3-81 雙片接合且大間距無框之滑板（終極版-東方不敗磁浮滑板）</p>

七、磁浮軌道系統設計過程：

(一)第一代磁浮系統軌道：

本組利用紙箱設計了一座有兩條軌道的檯面，其中一條裝置有**磁浮軌道**系統，另一條為正常滑板行走的軌道。利用其整個裝置來測量兩滑板滑下坡道的時間。且此裝置之軌道能夠調整角度，能更好的實驗**不同角度**時，滑板滑行時間的比較。

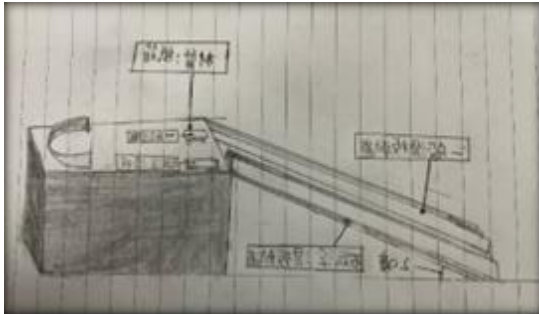


圖 3-82 第一代磁浮軌道系統構想草圖

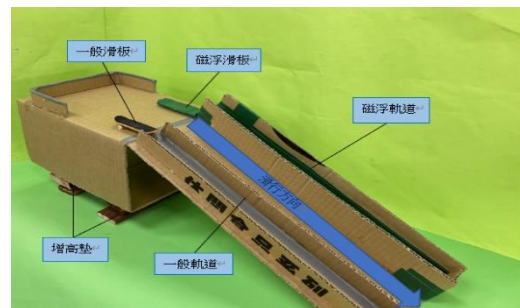


圖 3-83 第一代磁浮軌道系統實體圖

(二)第二、三代磁浮軌道：因發現磁浮滑板滑行時易翻車



圖 3-84 第二代軌道實體圖

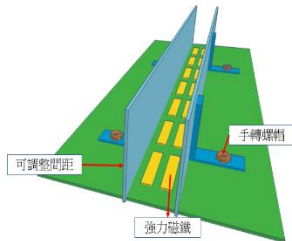


圖 3-85 第二代軌道 3D 立體圖



圖 3-86 第三代軌道系統實體圖(間距 10mm)

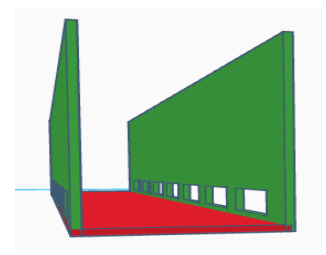


圖 3-87 第三代軌道系統實體圖 3D 立體圖

(三)第四、五代磁浮軌道：(以後簡稱磁軌)



圖 3-88 第四代軌道系統實體圖

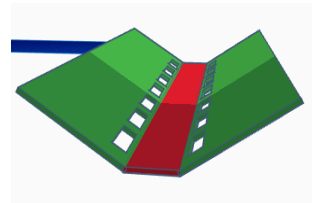


圖 3-89 第四代軌道系統 3D 立體圖

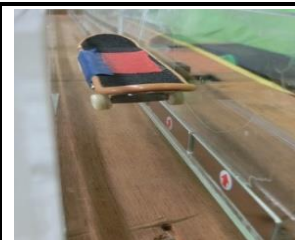


圖 3-90 第五代軌道系統實體圖(間距 2mm)

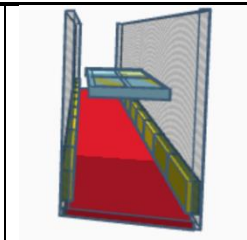
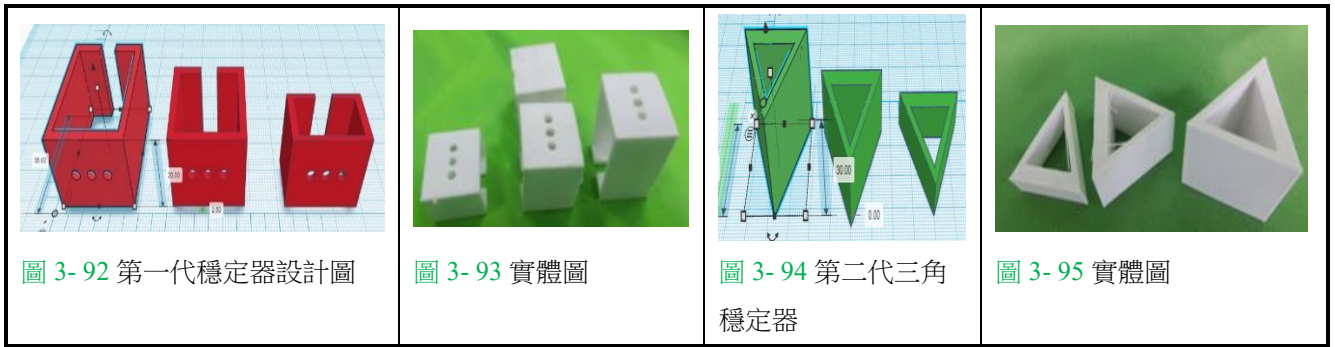


圖 3-91 第五代軌道系統 3D 立體圖

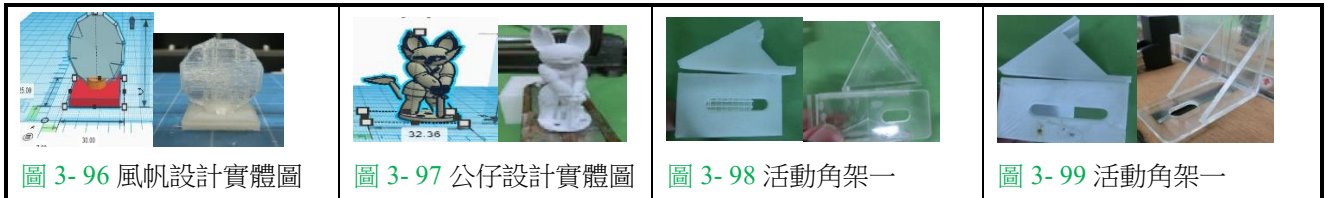
八、磁浮滑板穩定器設計過程：

(一)第一代方形穩定器：因發現磁浮滑板滑行時易翻車，於是利用 **Tinkercad** 3D 建模設計出不同**大小、重量**方形穩定器，(如圖 3-92) (如圖 3-93)所示

(二)第二代三角形穩定器：因第一代穩定器是方形，所以**空氣阻力**較大，於是本組設計出第二代三角形穩定器，**大小、重量**皆不同(如圖 3-94) (如圖 3-95) 所示
本組利用 **3D 列印**做出的三種三角形穩定器成品



(三)設計風帆及公仔及活動角架：用於風吹遊戲及模擬滑板人物



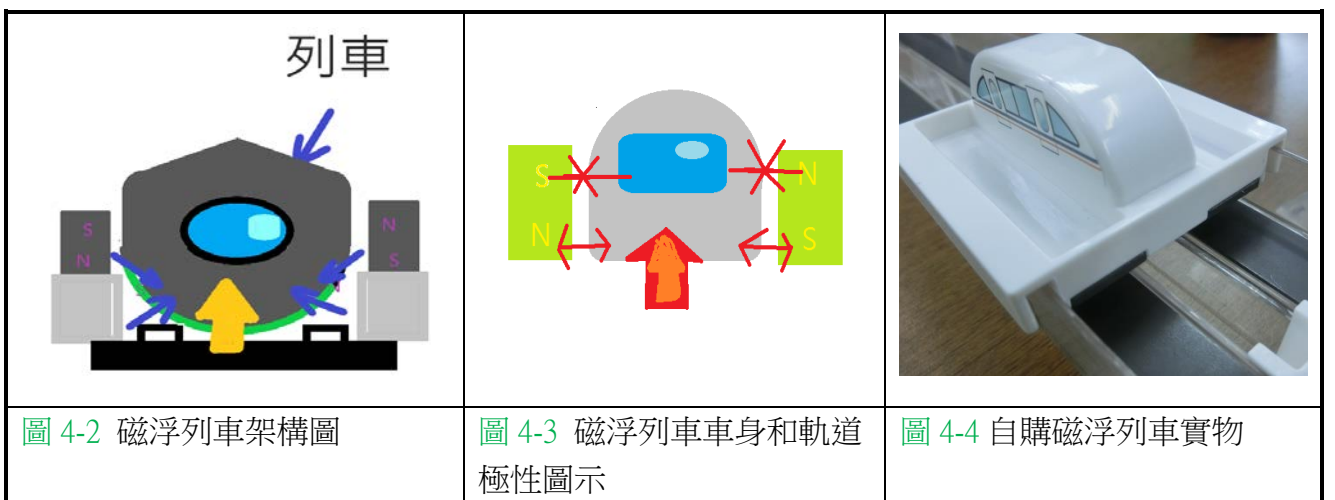
肆、研究過程與結果

一、原理說明與文獻探討

(一)原理說明：

1.磁浮列車原理：

本組在文獻探討及資料收集的過程中，了解磁浮列車的原理後，發現磁浮列車其實就是利用磁極同極相斥的原理，使車子浮於軌道上行駛，它的磁鐵設於軌道的下方與軌道相對，電磁鐵通電時，鐵軌與電磁鐵相吸，把電磁鐵往上拉，保持一定的間隙，因而使車身浮了起來，(如圖 4-2) (如圖 4-3)所示，於是本組便利用相似的原理，製作了磁浮滑板的實驗設計。



2.本實驗原理說明：

本組利用在板身與軌道上加裝**磁極相同**的強力磁鐵，磁鐵與磁鐵之間距本組用了兩種方法(間距為 10mm 及 2mm)，能讓滑板在空中浮動，而且不依靠外界的其他外力，並探討同樣磁場的**磁力裝置**，將磁力移至適當位置，的確可讓滑板浮起(如圖 4-5 及圖 4-6)。

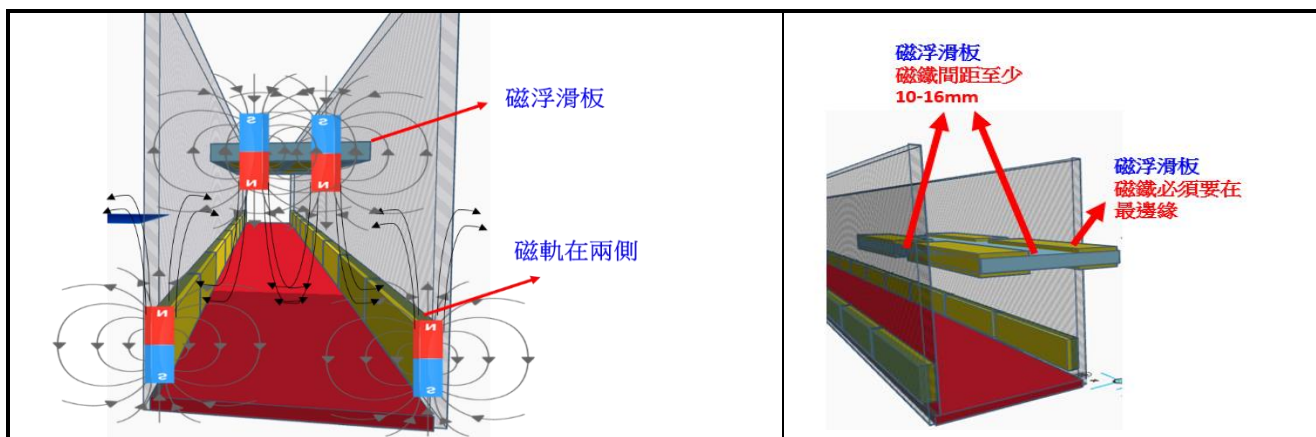


圖 4-5 磁浮滑板實驗原理對照圖

圖 4-6 本實驗原理說明

磁浮滑板的**底部磁鐵配置在最邊緣**可以直接接觸磁軌可產生較大的磁力防止翻車，磁鐵設置於較內側受限於滑車兩側厚度無法較接近磁軌因此斥力較小防止翻車的效果較差。

(二)文獻探討：

歷屆作品及網路資料整理比較如表 4-1 所示

表 4-1 歷屆作品及網路資料比較表

作品簡要	比較說明
<p>第 59 屆科展(2019)揭密「磁浮列車」 陳柏諺--探討磁軌排列方式及間距車底磁鐵的排列方式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。</p>	<p>磁軌必須要相斥少會產生排斥向上浮的力，本作品並沒有將間距縮短的方式進行探討。利用一般磁鐵，磁力影響較不明顯且變因較無深入探討滑車的重量影響並無深入探討，主要以磁浮玩具列車為主。</p>

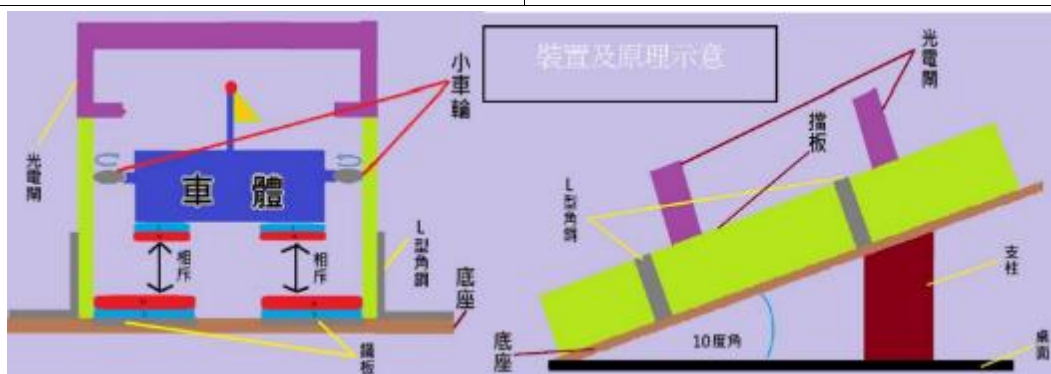


圖 4-7 第 59 屆科展(2019)揭密「磁浮列車」實驗設計模型

二、研究架構：

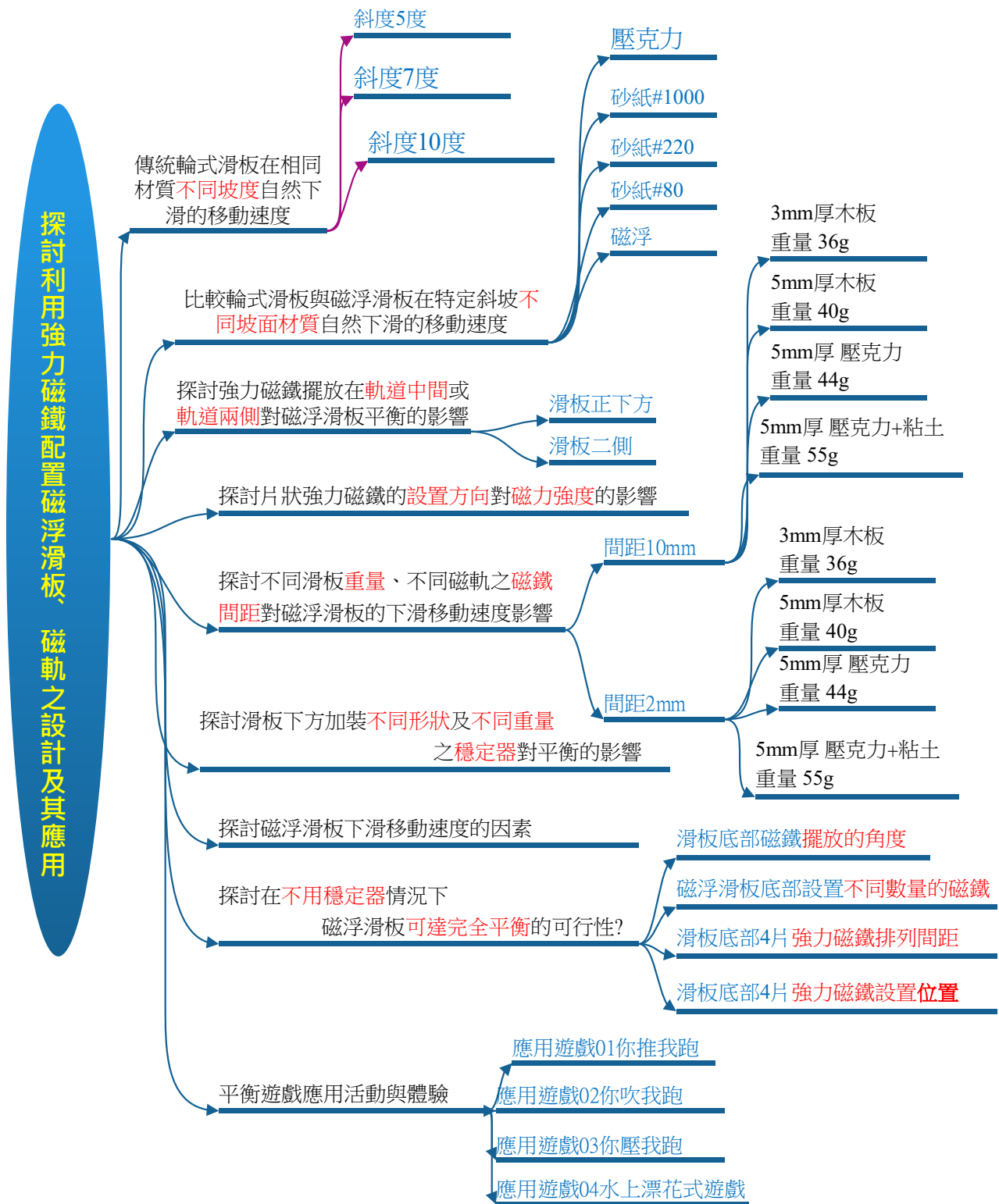
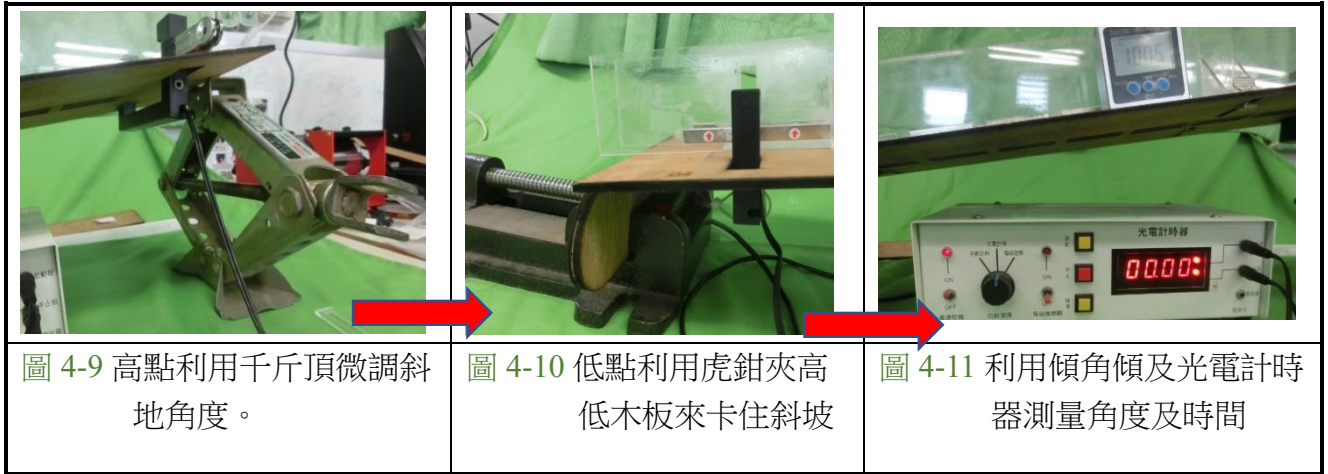


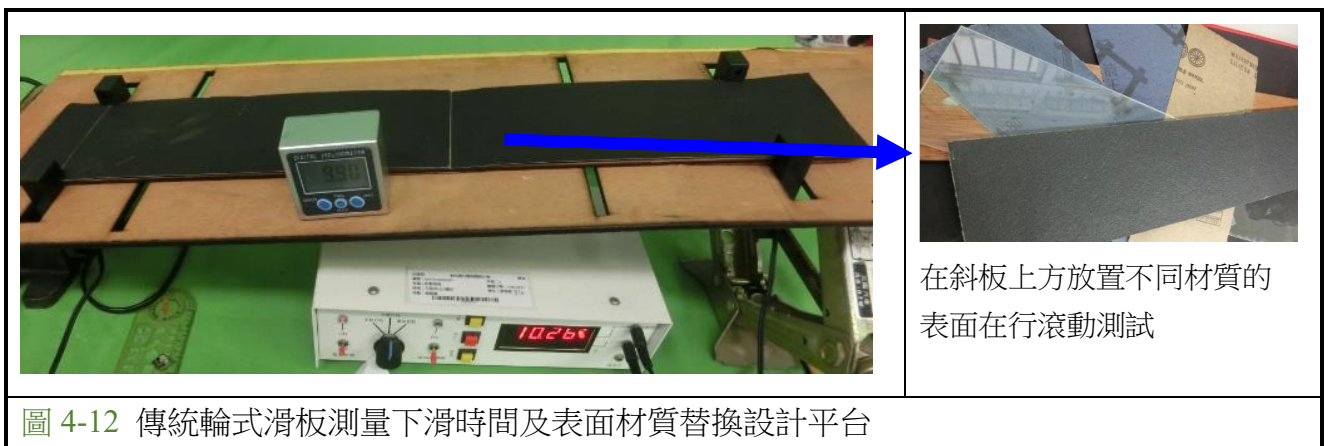
圖 4-8 研究架構圖

三、研究過程與方法

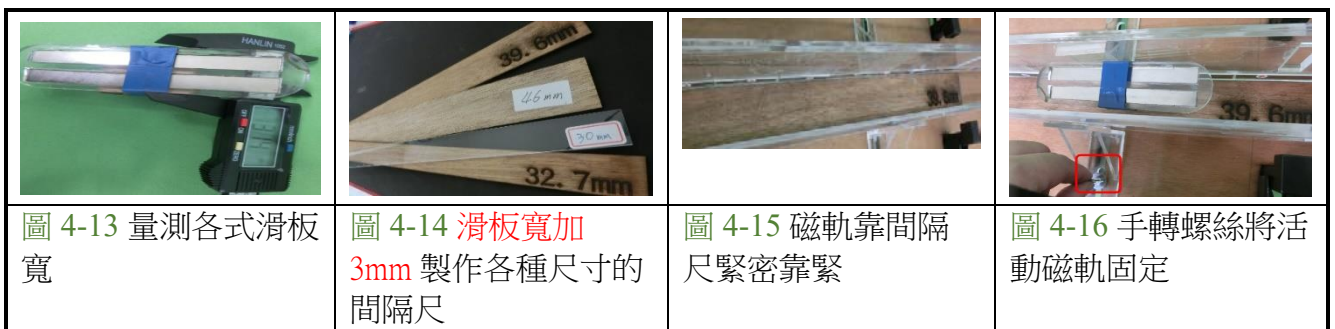
(一)實驗方法一-滑板平台坡度的調整與測量



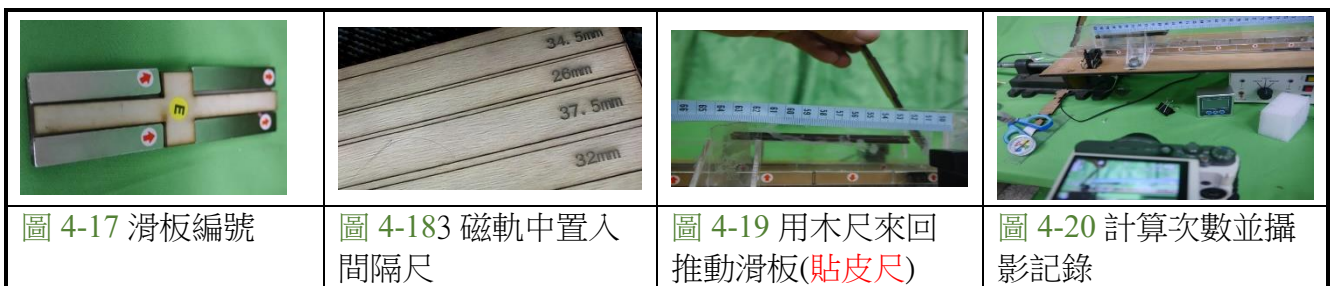
(二)實驗方法二-在斜板上方放置不同材質的表面在進行物體滾動測試
實驗方法



(三)實驗方法三-製作活動磁軌配合間隔尺讓兩磁軌間距處處等寬：
製作間隔尺讓兩磁軌間距處處等寬：

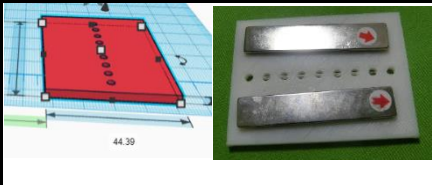
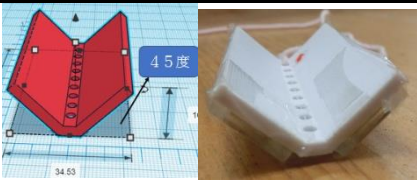
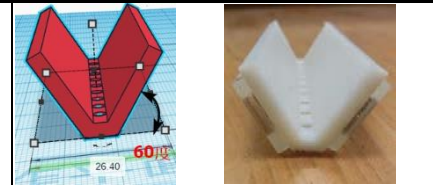


(四)實驗方法四-利用木尺來回推動法測試滑板平衡情形：







(五)實驗方法五 設計不同角度的磁浮滑板與各種角度活動角架

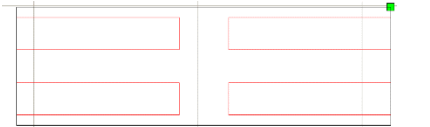
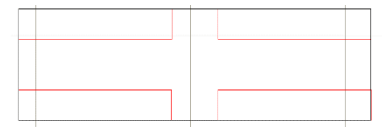
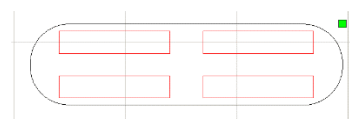
1.二片強力磁鐵不同角度的磁浮滑板

		
圖 4-21 長 60mm 寬 44mm 厚 3.5mm	圖 4-22 二側 45 度 V 型磁浮滑板	圖 4-23 二側 60 度 V 型磁浮滑板

2.不同數量的強力磁鐵對平衡的影響



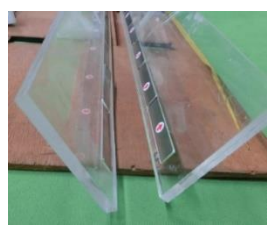

數量	圖 4-24 1 片磁鐵	圖 4-25 2 片磁鐵	圖 4-26 3 片磁鐵	圖 4-27 4 片磁鐵
圖示				

3.設計 4 片強力磁鐵排列方式與間距不同對平衡的影響

規格	圖 4-28 雷切設計圖 10x15mm 寬 36mm 磁鐵在中間	圖 4-29 雷切設計圖 16x15mm 寬 36mm 磁鐵在邊緣	圖 4-30 間距 10x15mm 寬 30mm(同間距不同板型)
圖示			

4.不同角度的角架

探討不同角度的磁浮滑板與 V 型磁鐵軌道對平衡的影響

			
圖 4-31 3D 列印或雷切 30、45、60 支撐架一組 4 個	圖 4-32 粘上可拆式壓克力雙面膠帶	圖 4-33 設計可調角度及軌道寬度的 V 型軌	圖 4-34 配合 V 型浮板

(六)實驗方法六-(錄影後截圖) 利用細線連接磁浮滑板觀察其平衡情形

1. 設計棉線等速拉行滑板實驗

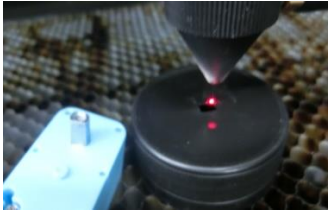








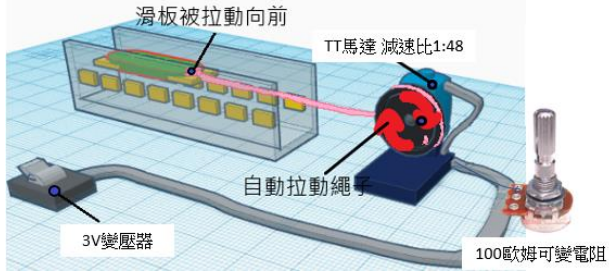
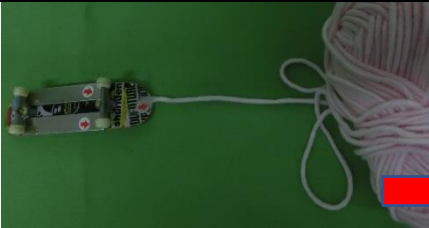


			
在瓶蓋中心切出方孔	套入 TT 馬達軸	貼上綿線	固定於活動夾
			
利用膠帶台代替滑輪	接上可電阻	攝影	視訊軟體分析軌跡
			
實驗平台圖	示意圖		

圖 4-35 設計棉線等速拉行滑板實驗流程及示意圖

2 · 錄影後擷圖

		
圖 4-36 用細毛線綁住磁浮滑板前端。	圖 4-37 拉著毛線端，可以在測試滑板平衡時較好控制和觀察	圖 4-38 觀察磁浮滑板平衡情形。

<p>圖 4-39 做出 30 毫米跟 35 毫米寬的塑膠片，可以控制軌道的寬度。</p>	<p>圖 4-40 把塑膠片鋪在軌道底端，軌道寬度就會相同</p>	<p>圖 4-41 用錄影觀察滑板的平衡情形。</p>

(七)實驗方法七-利用鐵絲將二片磁鐵相斥的距離大幅減少

<p>圖 4-42 磁浮滑板行駛至二磁鐵相斥的地方會往下晃</p>	<p>圖 4-43 50mmX10mmX 強力磁鐵相斥距離約 28mm</p>	<p>圖 4-44 衣架鐵線來連接兩強力磁鐵</p>

(八)實驗方法八-利用指北針及鐵粉觀察磁軌的磁性及磁力分佈情形

<p>圖 4-45 在磁軌上方放置指北針</p>	<p>圖 4-46 在磁軌上方放置鐵粉</p>

(九)實驗方法九-利用不同材質及厚度的滑板雷切出不同配重的滑板

<p>圖 4-47 5mm 厚木板重量 39.72gw (四捨五人 40gw)</p>	<p>圖 4-48 3mm 厚木板重量 36.28gw (四捨五人 36gw)</p>	<p>圖 4-49 5mm 厚壓克力重量 43.77gw (四捨五人 44gw)</p>	<p>圖 4-50 利用黏土配重 55.36gw</p>	<p>圖 4-51 3D 填充密度不同的滑板 10% 50% 100%</p>

(十) 實驗方法十 設計平衡遊戲

應用遊戲十-01 你推我跑—利用磁鐵吸斥特性進行平衡與速度競賽



圖 4-52 你推我跑實物圖

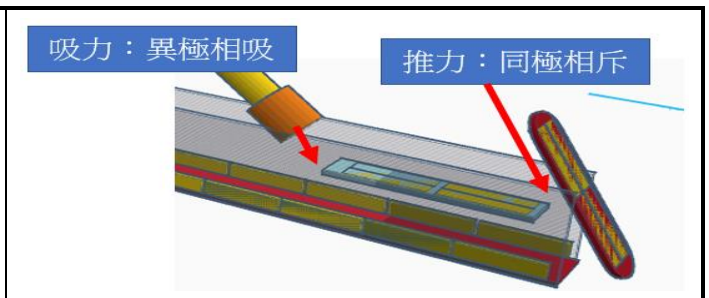


圖 4-53 你推我跑示意圖

實驗方法十-2 應用遊戲 02 你吹我跑

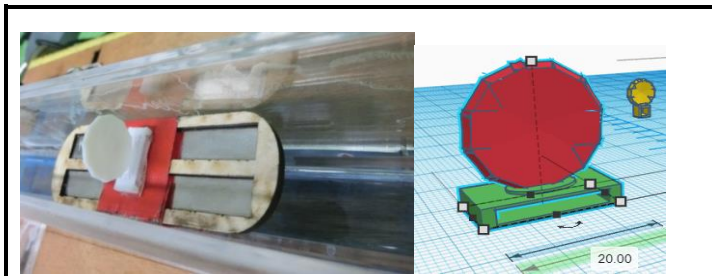


圖 4-54 在滑板加入風帆



圖 4-55 吹著滑板競速

實驗方法十 03-應用遊戲 03 你壓我跑 應用遊戲 04 水上漂

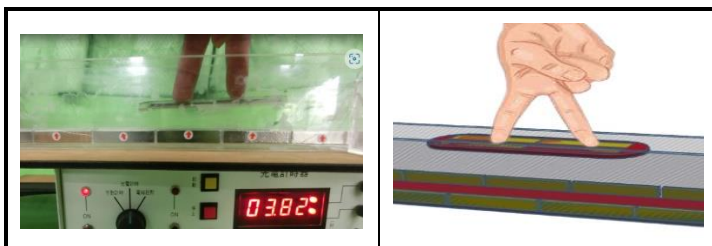


圖 4-56 利用手指控制滑板平衡及競速




圖 4-57 滑板浮在水上情形

說明：磁浮滑板水上漂的遊戲除了是一種噱頭之外，如果在磁軌架在水上兩側除了可以克服外在環境的因素，而且可以用於極限運動，最主要落水之後還有保護功能。

伍、研究結果與討論

一、傳統輪式滑板在相同材質不同坡度自然下滑的移動速度

(一)控制變因

滑板圖(下方強力磁鐵)	斜坡距離	滑板重量	接觸工具	實驗方法	材質
 <p>圖 5-1</p>	50cm	28.13gw	輪子	一	壓克力

(二)實驗步驟：利用光電計時器分別測出三種不同角度的坡道之 20 次並取最快 5 次平均值。

(三)實驗結果

表5-1坡道角度對傳統輪式滑板滑行速度（壓克力表面）

坡道角度 次數	5度	7度	10度
第一次	3.01	1.83	1.08
第二次	2.95	1.92	1.1
第三次	2.16	1.87	1.15
第四次	4.22	1.76	1
第五次	2.29	1.8	1.12
平均時間 (秒)	2.926	1.836	1.09
平均速度 cm/sec	17.09	27.23	45.87

傳統輪式滑板在不同坡度自然滾下的速度

計算速度：V=距離/時間

(四)討論

1. 從上面實驗中我們發現角度越大，當然速度也會越快，本次實驗的目的主要是在探討傳統輪式滑板的滑行速度，為往後的磁浮實驗而做的數據比較。
2. 坡度越陡，傳統輪式滑板滑行的速度就會越快；坡度越緩，其滑行的速度就會越慢；**坡度5度速率<7度速率<10度速率**。

二、比較傳統輪式滑板與磁浮滑板在特定斜坡不同坡面材質自然下滑的移動速度

(一)控制變因


傾角儀 角度	斜坡距離	實驗方法	滑板重量	接觸工具	滑板圖(下方強力磁鐵)
10度	50cm	一 二	28.13gw	輪子 磁浮（磁鐵 在下方）	

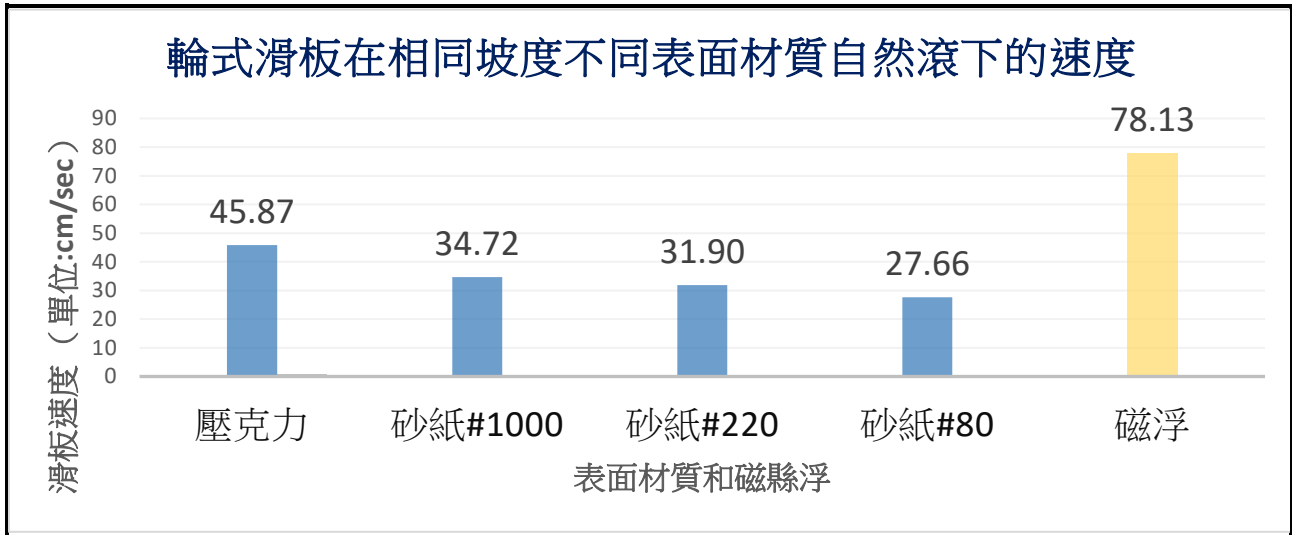
圖 5-2

(二)實驗步驟：

- 1 將一般滑板分別放在光滑壓克力、砂紙（#80 #220 #1000）材質的坡道上和磁浮滑板進行實驗。
- 2 利用**光電計時器**分別測出此**五種材質**的 20 次滑行選最快**五次**滑行速度，並將五次滑行時間取出平均值。

(三)實驗結果

表5-2 傳統輪式滑板與磁浮滑板在10度斜坡滑行速度



(四)討論

- 1 在實驗二中本組用粗糙度不同的砂紙(80/220/1000)還有壓克力當做滑行接觸面，傳統輪式滑板滑行速率砂紙 80 號<220 號<1000 號<壓克力，代表摩擦力越大速度就會越慢，但磁浮滑板因懸浮故速度時快且不受表面材質影響。
- 2.傳統輪式滑板在砂紙上滾動速度較平穩且較能筆直滾下，在實驗中我們發現表面愈粗糙材質，車子較不易打滑，且會比較筆直的滾動，而我鋁箔和光滑的和式地板，輪子滑板車比較會滑出軌道所以我們發現為什麼我們平常車子行駛地面需要與摩擦力較高的柏油當做材質輪子比較不會打滑。

三、探討強力磁鐵擺放在軌道中間或軌道兩側對磁浮滑板平衡的影響

(一)說明：利用實驗方法五將圖 4-12 滑板水平等速移動，錄影分析其特性

(二)實驗結果

1.軌道磁鐵在磁浮滑板正下方(影格分析)



圖 5-3 磁浮滑板在軌道上面的平衡情形。的平衡情形。

圖 5-4 磁鐵在下方時，滑板只要在磁鐵排列的空隙處，就會因為磁力不平均而傾倒

圖 5-5 在滑板尾至磁鐵隙處後方往下傾倒

2. 軌道磁鐵在磁浮滑板二側(影格分析)



圖 5-6 磁浮滑板在軌道上平衡情形：比剛剛的還要平一點。



圖 5-7 磁鐵在軌道兩側時，在滑板空隙處依然會傾倒，只是傾斜幅度比磁鐵在下方小很多



圖 5-8 滑板尾至磁鐵隙處，後方往下微的傾斜。

四、探討片狀強力磁鐵的設置方向對磁力強度的影響

(一)實驗結果

1.單片磁鐵對單片磁鐵（磁鐵重 8.91gw）



圖 5-9 將磁鐵固定在特製壓克力底部另一磁鐵自然放置

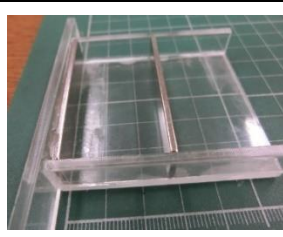


圖 5-10 兩平行磁鐵間距約 30mm

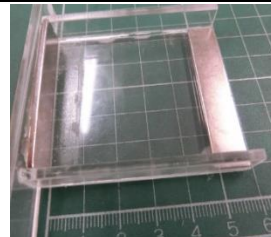


圖 5-11 垂直磁鐵間距約 45mm



圖 5-12 垂直磁鐵間距約 52mm

2.實測滑板車（4片磁鐵）



圖 5-13 滑板重量 44 gw

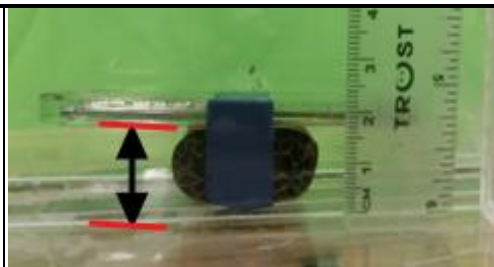


圖 5-14 軌道磁鐵在下方滑車距離約 20mm(離底部磁鐵距離)




圖 5-15 磁軌在二側滑板距離約 30mm(離磁鐵邊緣距離)

(二)討論

1. 起初本實驗的設計也是模仿市售磁浮列車教具，將磁鐵軌道上的磁鐵平鋪在滑板磁鐵的正下方，但我們發現效果非常不好而且不容易平衡。
2. 經過多次的實驗改良我們發現強力磁鐵擺放在滑板行駛路徑的兩側磁軌，其浮力效果更佳而且平衡度更好。

五、探討不同滑板重量、不同磁軌之磁鐵間距對磁浮滑板的下滑移動速度影響

(一)控制變因

滑板圖	磁軌距離	滑板重量	磁軌間距	相同穩定器	實驗方法
 圖 5- 16	50cm	53gw±0.5	32.7mm	重 5.5gw 寬 30mm 長 20mm	—

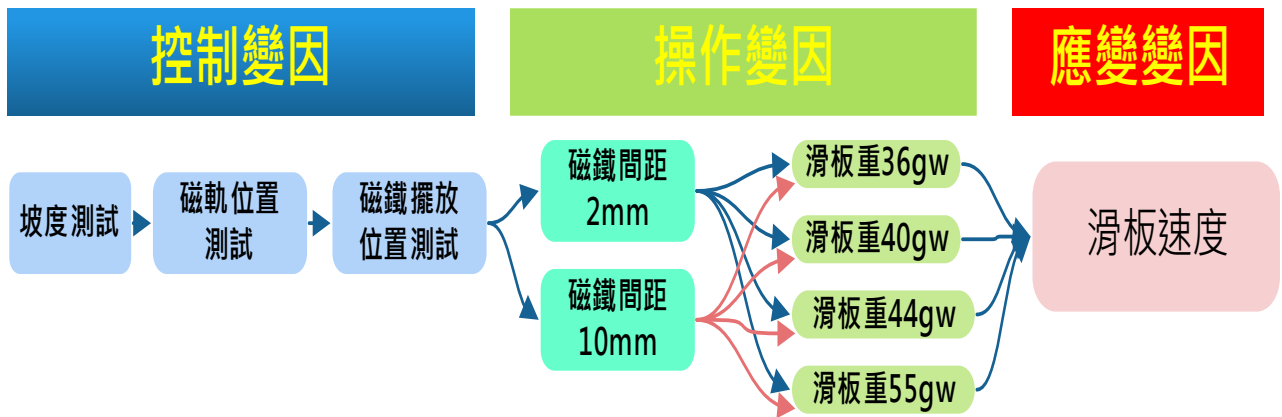


圖 5- 17 不同滑板重量、不同磁軌之磁鐵間距對磁浮滑板的下滑移動速度影響流程圖

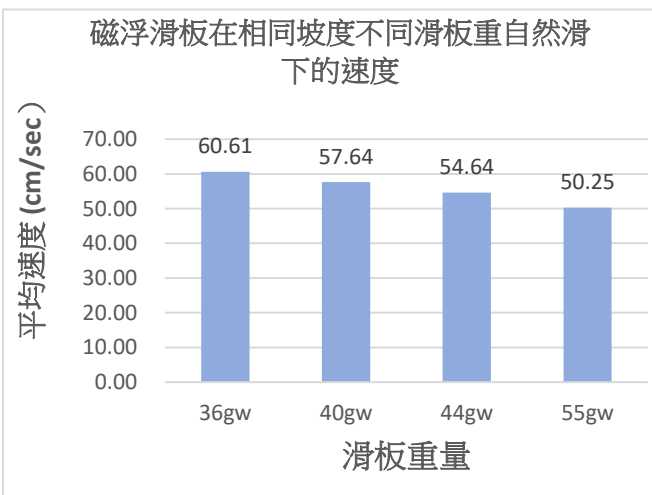
(二)實驗結果

1 軌道間距 10mm

表5-3 不同重量磁浮滑板在10度斜坡及10mm磁軌間距之滑行速度

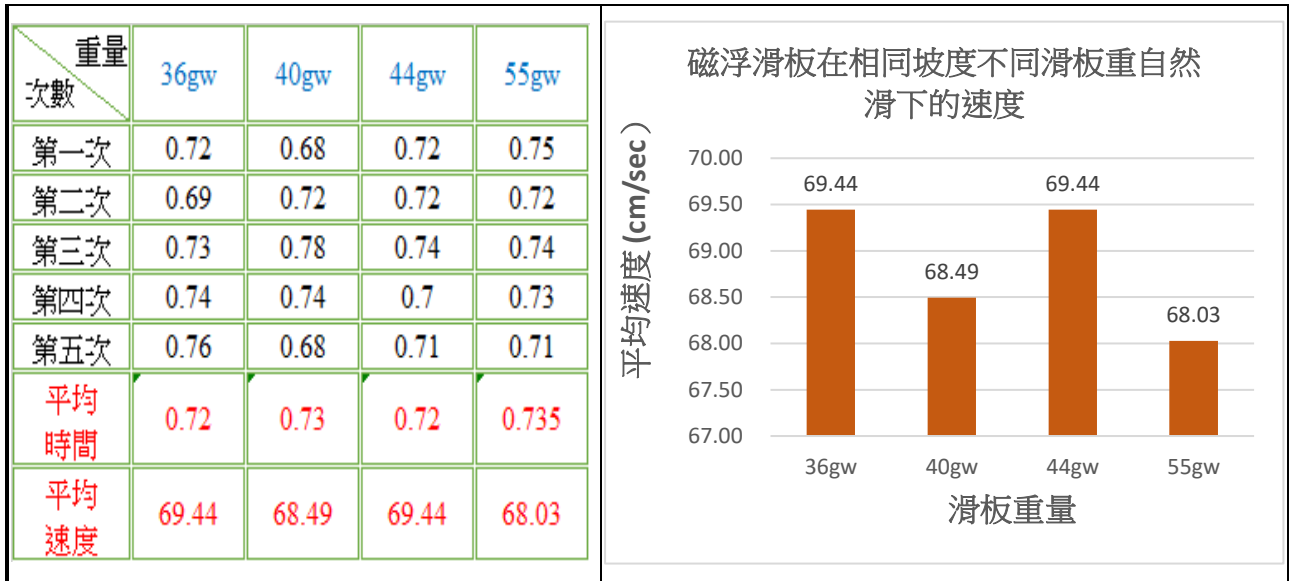
重量 次數	36gw	40gw	44gw	55gw
第一次	0.82	0.88	0.9	1.05
第二次	0.83	0.86	0.91	1.02
第三次	0.85	0.91	0.92	0.98
第四次	0.8	0.82	0.93	0.93
第五次	0.76	0.82	0.95	0.99
平均 時間	0.825	0.8675	0.915	0.995
平均 速度	60.61	57.64	54.64	50.25

平均速度 (cm/sec)



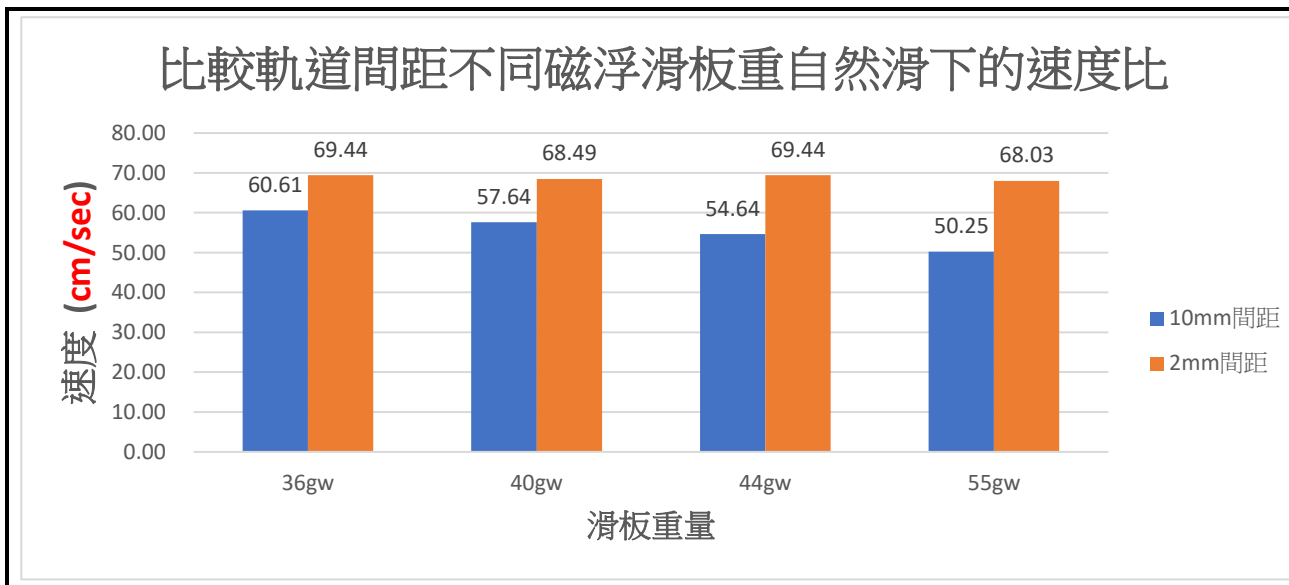
2 軌道間距 2mm(中間放置短鐵線) 如(圖 5-14)

表 5-4 不同重量磁浮滑板在 10 度斜坡及 2mm 磁軌間距之滑行速度



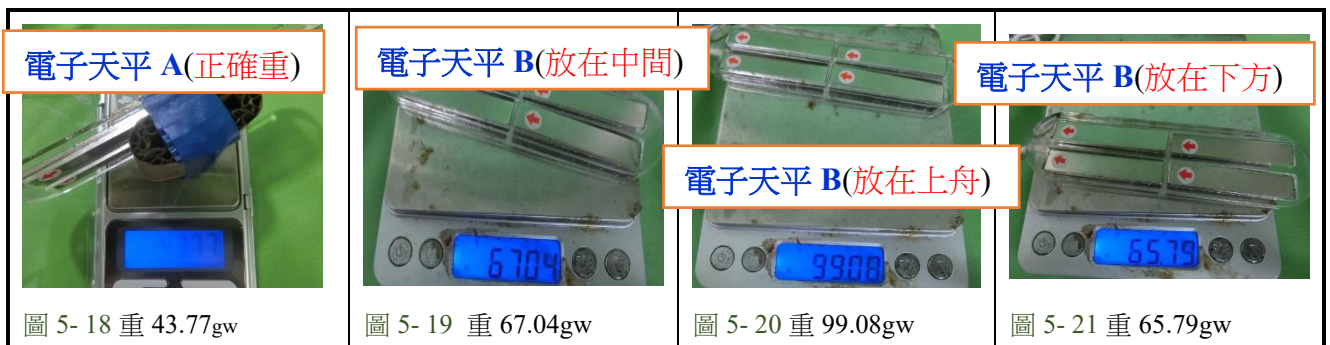
3 比較磁鐵間距 10mm 與 2mm(間格利用鐵絲連結)的差別

表5-5 不同重量磁浮滑板在10度斜坡及10mm、2mm磁軌間距之滑行速度



(三)強力磁鐵滑板重量量測問題(對鐵製電子天平)

測量方法：相同滑板不同的電子天平，或相同電子天秤不同的測量位置(電子天平 B)



利用不同厚度泡棉墊高測磁力滑板 (滑板實際重量 39.45gw)



圖 5- 22 22mm 厚針珠板



圖 5- 23 15mm 厚泡棉



圖 5- 24 25mm 厚泡棉



圖 5- 25 40mm 厚泡棉

(四)討論

1. 在實驗中我們意外發現部分的**電子天平含有鐵質的材質**，在測量強力磁鐵的時候非常的不準確，**會因為擺放的位置不同而有不同的重量顯示如電子天平 B。**
2. 所以要解決這個問題可以利用吊秤或者利用高度約 4 到 5 公分的泡棉將強力磁鐵滑板隔開，測量的數值就會準確
3. 在共同的斜坡下磁浮滑板不會因為重量的不同而影響其速度。
4. 滑板重量越重造成滑行時上下晃動明顯，反而速度會比較慢。
5. 在共同斜坡下滑板下滑速度影響的因素，主要以車身摩擦壓克力板及滑板上下晃動的情況。

六、探討磁浮滑板下滑移動速度的因素？

(一)滑板上下晃動的幅度，晃動幅度愈大下滑時間就愈久(影格分析)

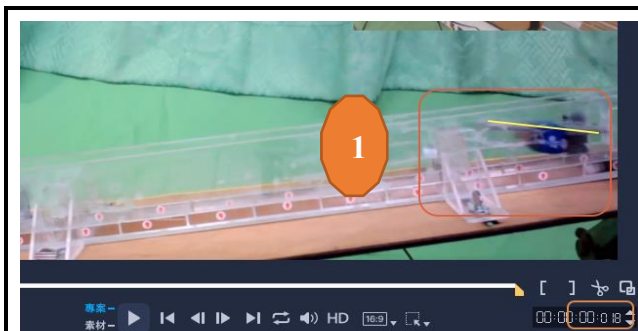


圖 5- 26 滑板先往上晃



圖 5- 27 滑板往下晃

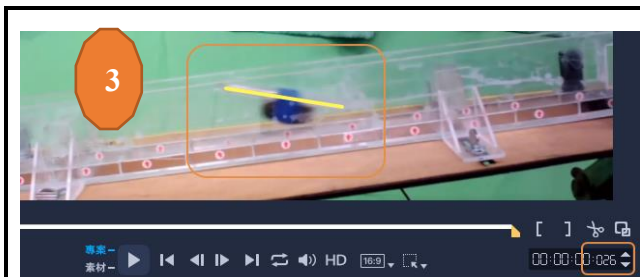


圖 5-28 滑板又往上晃



圖 5-29 滑板又往下

(二)利用鐵粉的散佈觀察磁力分佈情形
磁軌及滑板磁力分佈圖

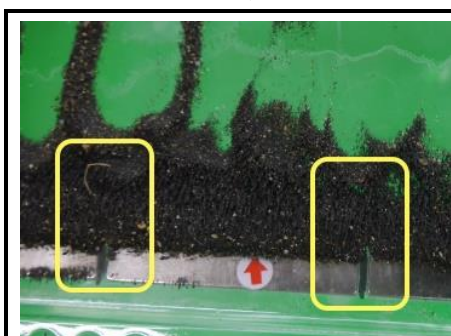


圖 5-30 磁鐵中間加入鐵絲鐵粉分佈情形(間格 2mm)

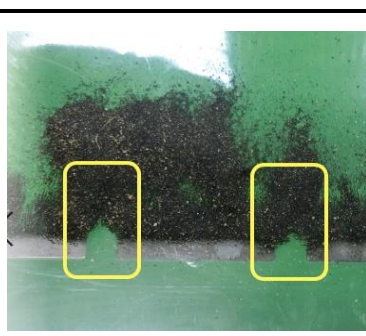


圖 5-31 在磁軌上方放置鐵粉(間格 10mm)

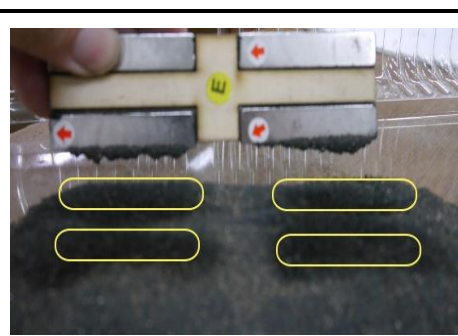


圖 5-32 滑板底部磁鐵在四片磁鐵磁力最強)

討論：強力磁鐵的間距明顯影響磁力的分佈，我們經過均勻地灑下鐵粉，觀察吸附情形，發現間隔 10mm 的時候鐵粉會比較稀疏，滑板經過時較會上下晃動

(三)接觸壓克力側板的時間

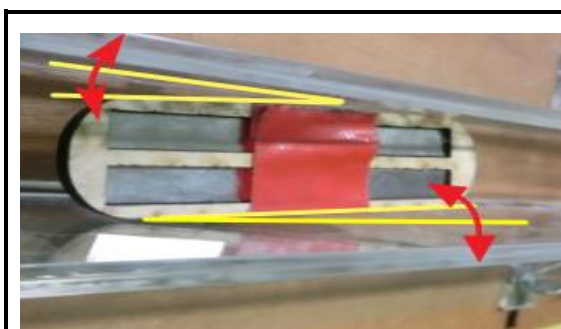


圖 5-33 磁浮滑板接觸二邊之實體圖形

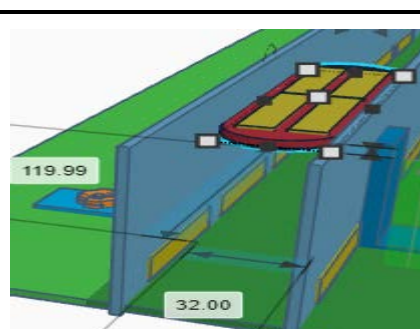



圖 5-34 示意圖

說明：滑板的邊緣會接觸到壓克力，不是一邊接觸或者就是傾斜接觸

七、探討滑板下方加裝不同形狀及不同重量之穩定器對平衡的影響

(一)比較有無穩定器滑板滑行的距離(測10次)

控制變因

滑板圖	磁軌距離	滑板重量	磁軌間距	穩定器	實驗
 圖 5-35	50cm	53gw±0.5	32.7mm	編號 E 重 5.5gw 寬 30mm 長 20mm	六

比較有無穩定器滑板滑行的距離（測10次）

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
有穩器	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
無穩定器	13	15	0	21	6	32	12	0	36	29

(二) 磁浮滑板在**不同穩定器**在特定斜坡自然滑下速度(滑板寬32mm)

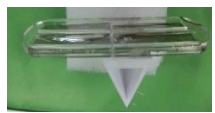




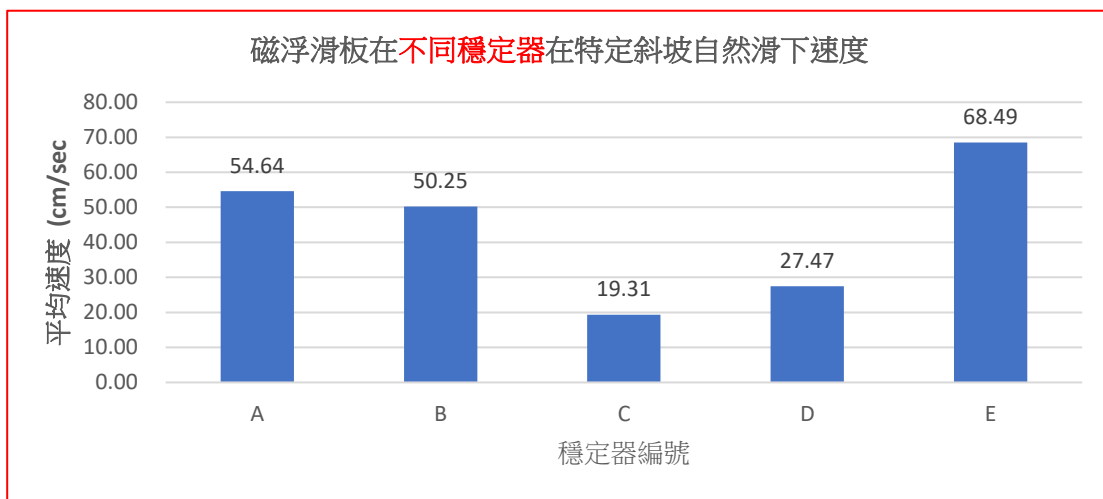
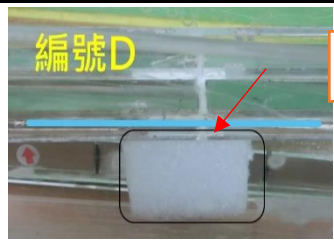
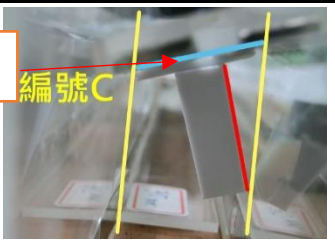

	A 圖5-43	B 圖5-44	C 圖5-45	D 圖5-46	E 圖5-47
圖示					
寬	30mm	30mm	10mm	30mm	30mm
說明	貼上 30mm寬 3D列印空心穩定器	貼上 30mm寬 3D列印實心穩定器	貼上 10mm寬 3D列印空心穩定器	貼上 30mm寬泡棉	貼上 30mm寬瓦楞紙

表5-6不同重量磁浮滑板及不同寬度穩定器在10度斜坡2mm磁軌間距之滑行速度



討論：1、磁浮列車教具的車身高而且又有輪子卡住兩邊，所以較容易平衡，但也因為接觸的地方太多所以磁浮列車教具的摩擦力會比較大。

2、磁浮滑板的穩定器非常的輕，也就是浮滑板的穩定器並不是因為重心降低，而是因為體積就是寬度跟磁浮滑板的寬度接近容易頂住旁邊的磁軌所以不易翻倒。


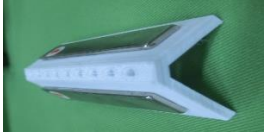


		
圖5-48 泡棉表面粗糙 摩擦力大	圖5-49 穩定器太細 滑板傾斜下滑	圖5-50 穩定器寬度約小於滑板2mm

八、探討在不用穩定器情況下磁浮滑板可達完全平衡的可行性

(一) 探討磁浮滑板底部磁鐵擺放的角度對滑板的平衡影響

1 設計二片強力磁鐵及四種不同角度(離水平面量測) 拉行五次可滑行的平均距離





利用實驗方法五 拉動滑行 5 次平均距離 (4 捨 5 入 單位 cm)

圖示				
	圖 5-36	圖 5-37	圖 5-38	圖 5-39
說明	利用二片強力磁鐵 0 度角貼齊	利用二片強力磁鐵 60 度角貼齊	利用二片強力磁鐵 45 度角貼齊	利用二片強力磁鐵 30 度角貼齊
拉行距離	8cm	12cm	19cm	16

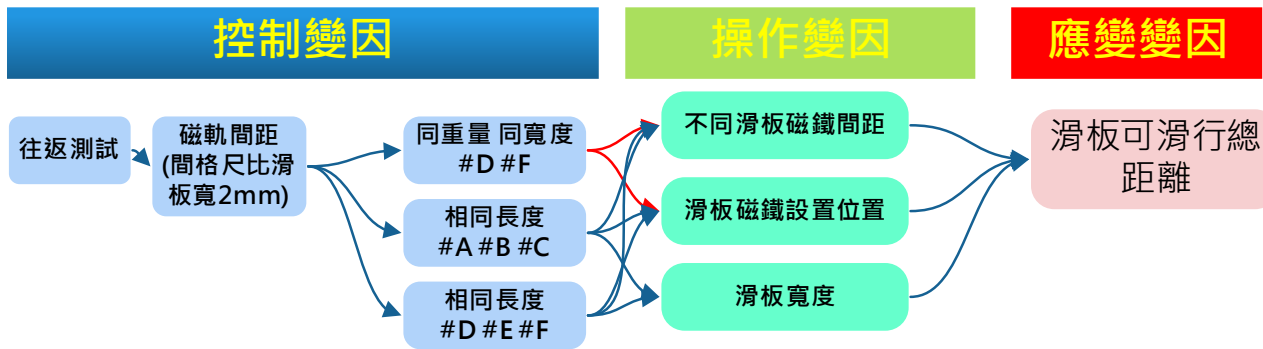
討論：由實驗結果我們發現兩片磁鐵在滑板底部實測情況不盡理想，但其中以 45 度角的设计滑行時間較為穩定而且比較長。

(二) 探討磁浮滑板底部設置不同數量的強力磁鐵對平衡的影響

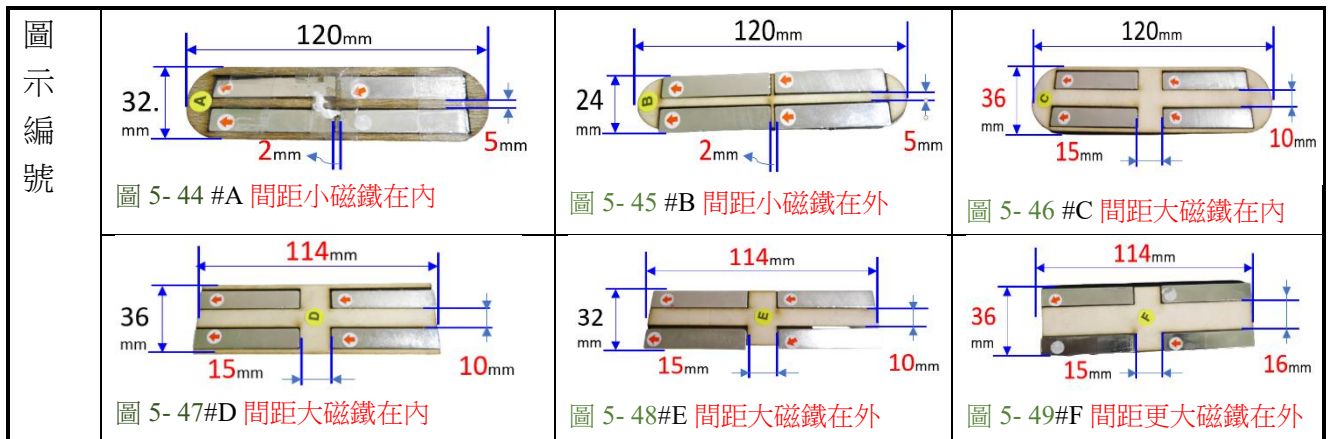
利用實驗方法六 拉動滑行 5 次平均距離 (4 捨 5 入 單位 cm)

數量	一片磁鐵	二片磁鐵	三片磁鐵	四片磁鐵
圖示及平衡說明	 <p>圖 5-40 因二磁軌相斥距離約 28-30mm，大於滑板寬度 14mm 無法平衡</p>	 <p>圖 5-41 靜止可平衡，但一行駛即會翻轉</p>	 <p>圖 5-42 靜止可平衡，行駛短距離即會翻轉</p>	 <p>圖 5-43 靜止可平衡，可行駛較長距離較不易翻轉</p>
距離	0	8	9	28

(三) 探討磁浮滑板底部 4 片強力磁鐵排列間距與位置對平衡的影響



利用實驗方法(四) 計算推動的次數(每次以 50cm 計算)，實驗 5 次取平均



(三)實驗結果

表 5-5 4 片磁浮滑板底部磁鐵設置不同間距與位置對平衡的影響

重量 次數	A	B	C	D	E	F
第一次	0.1	0.35	2	3.7	26.7	35.4
第二次	0.15	0.43	2.2	2.4	32.4	36.4
第三次	0.1	0.26	2.4	2.4	35.4	34.1
第四次	0.1	0.35	3.1	2	42.8	38.5
第五次	0.15	0.45	3.5	3.15	37.8	40.2
平均 次數	0.11	0.35	2.43	2.63	34.33	36.10
總距離	28	87	606	656	8581	9025

討論：1.磁浮滑板底部的強力磁鐵設置 4 片平衡效果最佳，但仍無法全程平衡移動，我們發現磁鐵之間間距改變竟能影響其平衡，尤其是在距離約 10-16mm 的間距滑板可達完全平衡的情形，經外力也不易翻車。

2.編號 E 及編號 F 磁鐵設置在最外緣直接接觸壓克力，間距 10-16mm 實驗結果非常

平穩完全不會翻車，此一重大發現。

3.編號 B 磁鐵設置在最外緣但因滑板寬太小，造成容易翻車的情形。

4.編號 D 及編號 F 重量及大小完全相同，只差在磁鐵在最邊緣，實驗結果竟發現編號 F 平衡極佳，小小的改變竟有如此神奇的結果。

九、平衡遊戲應用活動與體驗

(一)應用遊戲 01 你推我跑：實測磁鐵吸斥持性進行平衡與速度競賽(實驗方法九-1)

1.遊戲規則說明：

(1) 利用二根磁鐵棒利用相吸相斥原理，雙方手拿磁鐵條在同一條軌道上利用相斥力推動滑板前進，率先使滑板到達另一側者即獲勝。

失格 1：磁棒磁到滑板 失格 2：磁浮翻船

表5-7 遊戲01你推我跑 實測磁鐵吸斥持性進行平衡與速度競賽

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
時間(sec)	18.25	23.45	失格 01	35.52	9.18	失格 02	19.53	8.19	25.45	25.47
計算速度	2.74	2.13		1.41	5.45		2.56	6.11	1.96	1.96

(二)應用遊戲 02 你吹我跑：實測口吹磁鐵平衡與速度競賽(實驗方法九-2)

1.遊戲規則說明：

(1) 利用口吹磁鐵將滑板推至終點，時間愈短勝利

失格 1：嘴巴磁到滑板 失格 2：磁浮翻船

表 5-8 遊戲 03 你吹我跑 實測磁鐵吸斥持性進行平衡與速度競賽

次數	1 男	2 女	3 女	4	5 男	6	7 男	8 女	9 女	10 男
時間(sec)	25.65	38.13	42.35	失格 02	16.58	失格 01	10.18	28.15	26.19	13.25
計算速度	1.95	1.31	1.18		3.02		4.91	1.78	1.91	3.77

(三)應用遊戲 03 你壓我跑：實測二支手指控制其滑板平衡與速度競賽

1.遊戲規則說明：

(1) 利用二支手指控制其滑板平衡與速度競賽，

時間愈短勝利 失格：磁浮滑板翻船



(2) 遊戲的技巧心得：必須將兩隻手指頭輕輕的將滑板往下壓，而且兩隻手指頭不可以相互平行，必須前後有一個角度控制其力量才可以快速且不翻的移動。

表 5-9 遊戲 03 你壓我跑 實測磁鐵吸斥持性進行平衡與速度競賽

次數	1 男	2 女	3 女	4 女	5 男	6 男	7 男	8 女	9 女	10 男
時間(sec)	7.82	3.87	失格 01	2.58	7.96	失格 01	6.15	失格 01	3.12	5.38
計算速度	6.39	12.92		19.38	6.28		8.13		16.03	9.29

(四)應用遊戲 04 水上漂：實測口吹、磁棒推吸或手指壓滑板平衡與速度競賽

1.遊戲規則說明：(實驗方法九-3)

(1) 利用二根磁鐵棒或口吹利用相吸相斥原理將滑板推至終點，時間愈短勝利

失格 1：磁棒(身體)磁到滑板 失格 2：磁浮翻船落水

(2) 方式 1：利用磁棒 方式 2：利用嘴巴吹

表 5-10 遊戲 04 水上漂 實測磁鐵吸斥持性進行平衡與速度競賽

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
性別	男	女	女	男	女	女	男	女	女	男
選擇方式	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2
時間(sec)	15.6	17.13	13.25	25.17	21.25	26.17	30.12	13.25	17.25	16.13
計算速度	3.21	2.92	3.77	1.99	2.35	1.91	1.66	3.77	2.90	3.10

陸、結論

- 一、磁鐵在軌道二側磁浮滑板較為平穩：本實驗測試結果發現:磁鐵在軌道兩側磁力比較平均，磁浮滑板滑行更為平穩且不易翻車；磁鐵在軌道底部時磁浮滑板滑行較不平穩且易翻車。
- 二、利用一小段鐵線可大幅縮短兩磁鐵相斥情形：強力磁鐵互相排斥力量很強，初始因兩磁鐵之間會互相排斥，所以本組只能將磁鐵間距縮到極限為 10mm，結果發現磁浮滑板滑行時因間距過大，造成滑行速率較慢且穩定度不夠；於是本組利用衣架上的鐵線，發現可大幅縮短兩磁鐵相斥的情形，且滑行速率變快，穩定度也變好。
- 三、緊配合讓強力磁鐵可以不要隨意翻轉而且可以磁鐵再使用：一片強力磁鐵需要 25 元，本組在壓克力軌道上利用雷射切割機切出跟強力磁鐵的孔約小 0.5mm 的緊配合，把磁

鐵塞進去就可以固定磁鐵，而且可以再拆下來使用。

- 四、磁軌磁鐵間距愈小滑板會更平穩：強力磁鐵的相斥力非常的強，所以如果沒有填滿間距滑板到磁鐵間間距就會產生下滑的情形，故強力磁鐵的間距越小滑板會更為平穩。
- 五、影響磁浮滑板在共同斜坡下滑速度之因素為摩擦力、滑板晃動幅度：滑板重量理論是不影響下滑速度，但實測結果重量越重造成滑行時上下晃動明顯，反而速度會比較慢及一因素是滑板車身摩擦壓克力板的情況。
- 六、利用表面光滑的壓克力面當軌道兩側材質可以大幅減少滑板摩擦的時間：利用壓克力當作軌道材質，可以減少滑板碰撞產生的摩擦力。
- 七、片狀強力磁鐵垂直方向較水平方向磁力(相斥力)較強：實驗發現兩塊磁鐵呈垂直方向的時候，相斥距離較遠，說明磁力較強。
- 八、製作活動磁軌配合間隔尺讓間距處處等寬：為了方便實驗，本組的軌道為可活動式，利用手轉螺絲可以控制軌道寬度，所以本組設計用雷切機切割相同寬度的木條或壓克力放在軌道中間，就可以讓寬度一致。
- 九、滑板底部磁鐵的間距約 10-16mm 且磁鐵設置必須在最邊緣，滑板可達完全平衡：磁浮滑板底部的強力磁鐵設置 4 片平衡效果最佳，但仍無法全程平衡移動，我們發現磁鐵之間間距改變竟能影響其平衡，尤其是在距離約 10-16mm 的間距且磁鐵設置必須在最邊緣滑板可達完全平衡的情形，經外力也不易翻車。
- 十、強力磁鐵的重量量測必須要考慮與電子天平相吸產生的誤差：部份電子天平測量擺放位置造成不同數據，推測電子天平內有部分是有鐵質含量，所以強力磁鐵吸附的位置不同也會造成不同的重量，所以建議在中間放置 40-50mm 的泡棉，隔開其吸附力。
- 十一、鐵製螺絲或角鐵會干擾磁浮滑板平衡：實驗過程盡量不要置入鐵製材質，如鐵製螺絲、夾子還有角夾否則會影響平衡。
- 十二、磁浮軌道長度必須超過測試長度才可以成功：原本認為測量的長度 50 公分，但發覺必須要延長其軌道也就是要有助跑的長度才會精準的測量出滑板行進之間的時間。
- 十三、磁軌間距以滑板的寬度在加 3mm 為最佳的一個間距：磁軌寬度跟滑板寬度相近平衡狀態會更好，但又不能完全貼合，所以大概增加 3mm 最恰當。

十四、磁浮滑板的穩定器寬度以略小於滑板寬為最佳設計：磁浮滑板因為太薄所以容易翻車，要加入穩定器才會讓磁浮列車磁浮滑板保持平衡且磁浮滑板的穩定器寬度以略小於滑板寬為最佳設計。

十五、透過本實驗的研究大幅降低磁浮相關教具的成本：由於磁浮相關教具價格較昂貴，對大部分的人來說都不太會去買(如圖 3-48 竟需要 712 元)。但是若是能透過本實驗的改造，並將設計圖公開，可以提升磁浮滑板的使用機率。

柒、未來展望

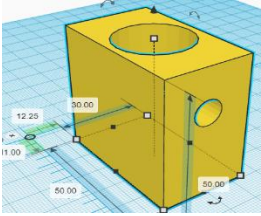



一、製作大型磁浮滑板競技場當做花式競技場：目前我們把片狀的強力磁鐵(20mmX10mmX2mm)約 80 片，吸著在主電腦主機板的鐵質外殼進行飄浮實驗，但我們還是無法克服不用外力磁浮滑板完全平衡在空中，而且遇到瓶頸是鐵板雖然容易吸附排列磁鐵，但是會干擾磁浮滑板的排斥力，造成無法漂浮在空中的情形。

		
圖 7-1 模擬磁浮滑板競技場	本實驗磁軌磁性為 N 極 圖 7-2 磁軌 N 極與 S 極是否會影響磁浮滑板的平衡與磁力	圖 7-3 四片磁鐵 45°-滑板實物

二、4 片磁鐵不同角度對平衡的影響：磁浮滑板 4 片磁鐵排列目前是我們實驗的主要方法，我們很想嘗試 4 片磁鐵不同角度的磁浮滑板是否會有更佳的效果，尤其在 45° 的時候，可是因為經費的不足所以暫時先擱置。

三、磁軌 N 極與 S 極是否會影響磁浮滑板的平衡與磁力：本實驗的磁軌的磁極與滑板的底部磁鐵磁極都是 N 極相斥，我們也想知道不同的磁極會不會有不同的變化，但因為磁鐵固定於滑板滑軌之後不易取出所以這個實驗待以後有時間繼續努力。

四、發射台設計(利用電磁鐵)：原先利用電磁鐵設計發射台讓滑板平穩而且沒有人為因素下自由落下，但遇到瓶頸就是電磁鐵斷電之後滑板還會吸附在發射台的鐵製設備無法自由落下。

			
<p>圖 7-43D 列印滑板發射架</p>	<p>圖 7-512V 電磁鐵</p>	<p>圖7-6結合後實品</p>	<p>圖 7-7 斷電後滑板還吸著</p>

捌、參考資料

- 一、陳柏諺，揭密「磁浮列車」，第 59 屆全國中小學科學展覽會國中組生活與應用科學科。
- 二、磁懸浮-維基百科，自由的百科全書
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A3%81%E6%82%AC%E6%B5%AE>
- 三、物理新知-磁浮列車 <http://www.hk-phy.org/articles/maglev/maglev.html>
- 四、抗磁性-維基百科，自由百科全書 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%8A%97%E7%A3%81%E6%80%A7>
- 五、【磁鐵達人】D013 彩色磁浮列車 超好玩的科學玩具 <https://www.youtube.com/watch?v=a-XngSTeh2Q>
- 六、認識磁浮列車-臺灣網路科教館 <https://www.ntsec.edu.tw/LiveSupply-Content.aspx?cat=6844&a=6829&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&lsid=8203&print=1>
- 七、磁浮科學 Online <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=1633>
- 八、磁浮滑板問世！離地五公分超低空飛行 <https://www.youtube.com/watch?v=zpiseo1cQ7U>
- 九、自然與生活科技(三下)。康軒出版社。

【評語】 032902

本作品利用強力磁鐵配置磁浮滑板、磁軌之設計，探討滑板重量、軌道傾斜角度及軌道表面粗糙度對移動的效率的影響，並應用於平衡遊戲，讓參與者體驗如何控制磁浮滑板及增加其滑行速度。亦與前期科展相關得獎作品比較，依據其缺點不斷精進滑板、軌道和穩定器以磁浮滑板穩定且快速前行，有研究精神。本作品的研究主題具創意、實驗設計的科學適切性優、實驗數據展示及寫作表達能力優、成果具有科普教育的價值。建議增加各代滑板演進的說明以及個別與實驗變因的關聯性。

作品簡報

飛天魔板~

探討利用強力磁鐵配置磁浮滑板、磁軌之設計及其應用

組別:國中組 科別:生活與應用科學科(二)

研究動機與問題

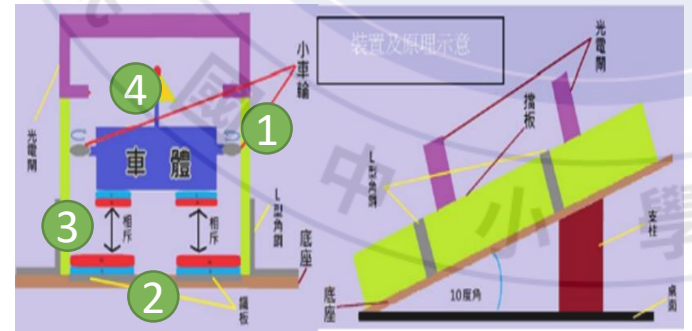
電影中的滑板是如何成功飛起來的?

如何設計出最好的磁浮滑板及磁浮軌道配置?



磁浮滑板真的可以實驗於日常生活中嗎?

第 59 屆科展(2019)揭密「磁浮列車」陳柏諺--探討磁軌排列方式及間距車底磁鐵的排列方式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。



市售教具及文獻整理

- 1 利用機構輔助平衡
- 2 利用長條型一般磁鐵
- 3 利用磁軌在滑車下方
- 4 利用車體高度大

本實驗心得整理

- 1 利用磁力平衡
- 2 利用片狀強力磁鐵
- 3 利用磁軌在兩側
- 4 利用車體單薄

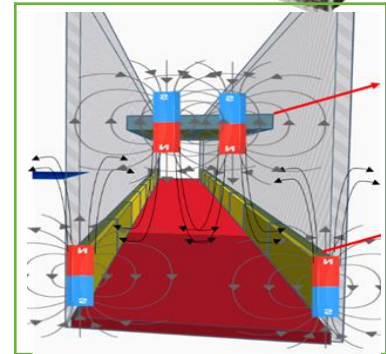
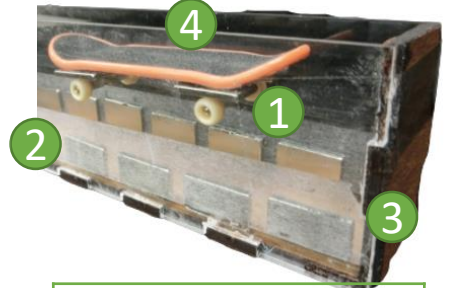
設計相異處

參考文獻

參考市售教具



市售磁浮列車教具

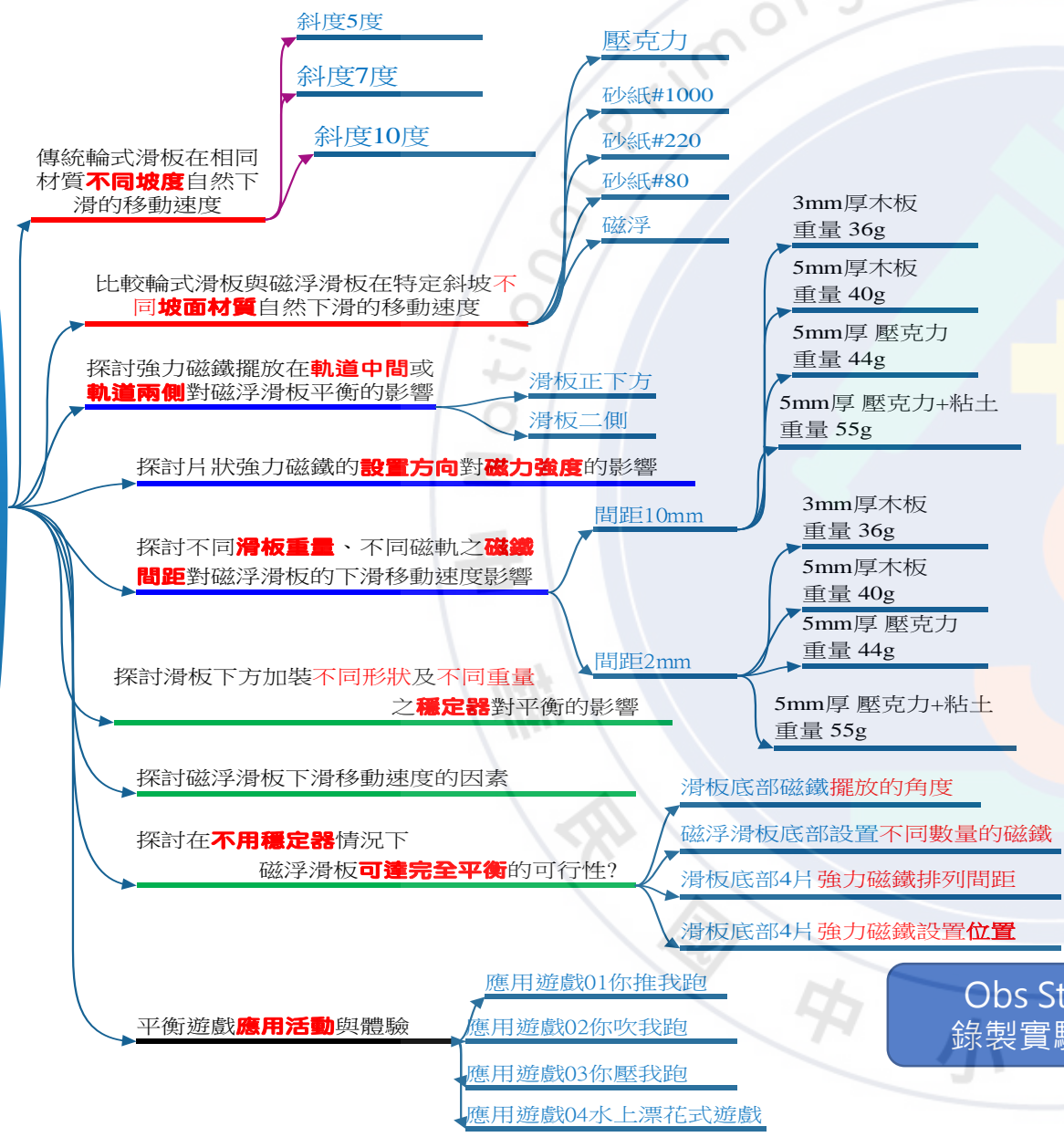


本實磁浮滑板磁示意圖

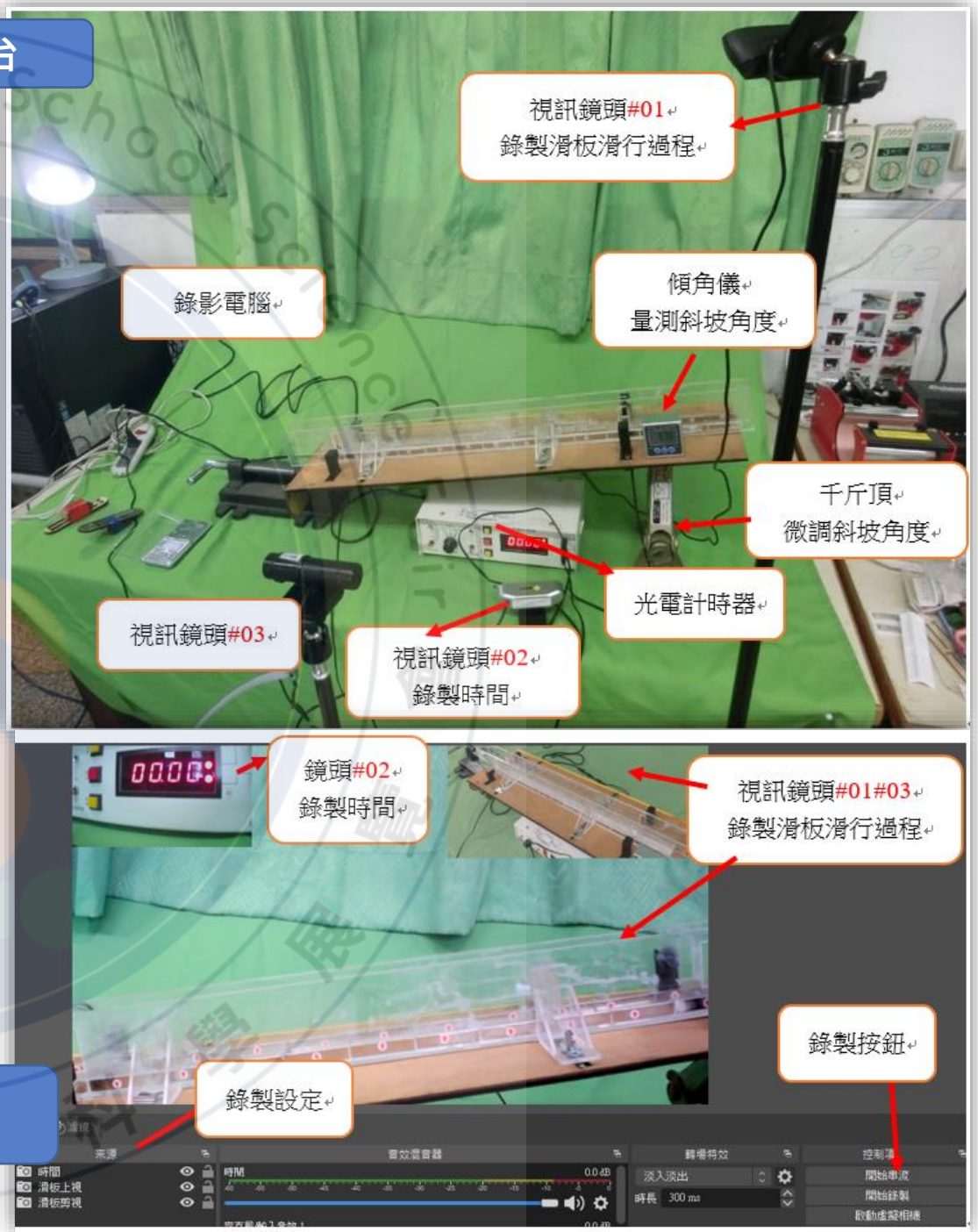
研究流程及實驗平台

實驗平台

探討利用強力磁鐵配置磁浮滑板
磁軌之設計及其應用



Obs Studio 錄製實驗過程



研究方法

第一代	第二代	第三代	第四代	第五代	第六代	第七代 第八代 東方不敗

磁浮滑板設計改良歷程

磁軌設計改良歷程

第一代	第二代	第三代	第四代	第五代

磁軌間距設計改良歷程

<p>手轉螺絲 & 間格尺</p>	<p>改良 </p>	<p>固定磁軌 & 不同尺寸M型夾</p>
-----------------------	------------	---------------------------

研究過程與結果(一)

探討斜坡角度、表面粗糙度對滑板下滑速度之影響

傳統輪式滑板在相同材質不同坡度自然下滑的移動速度



1. 從上面實驗中我們發現角度越大，當然速度也會越快，本次實驗的目的主要是在探討傳統輪式滑板的滑下速度，為往後的磁浮實驗而做的數據比較。

2. 坡度越陡，傳統輪式滑板滑行的速度就會越快；坡度越緩，其滑行的速度就會越慢；坡度5度速率<7度速率<10度速率。

比較輪式滑板與磁浮滑板在特定斜坡不同坡面材質自然下滑的移動速度

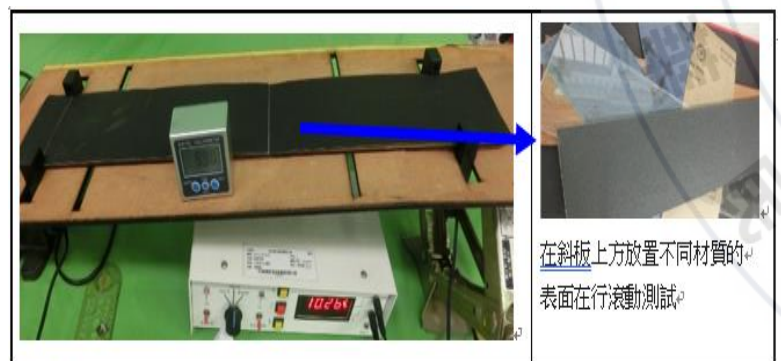


圖 4-12 傳統輪式滑板測量下滑時間及表面材質替換設計平台



1. 在實驗二中本組用粗糙度不同的砂紙(80/220/1000)還有壓克力當做滑下接觸面，傳統輪式滑板滑下速率砂紙80號<220號<1000號<壓克力，代表摩擦力越大速度就會越慢，但磁浮滑板因懸浮故速度時快且不受表面材質影響。

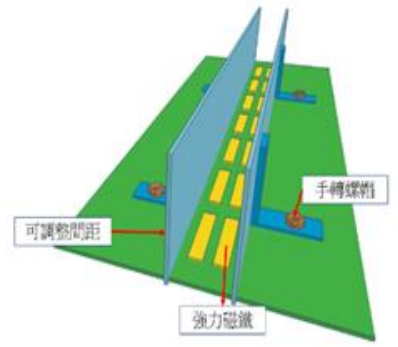
2. 傳統輪式滑板在砂紙上滾動速度較平穩且較能筆直滾下，在實驗中我們發現表面愈粗糙材質，車子較不易打滑，且會比較筆直的滾動，而我鋁箔和光滑的和式地板，輪子滑板車比較會滑出軌道所以我們發現為什麼我們平常車子行駛地面需要與摩擦力較高的柏油當做材質輪子比較不會打滑。

研究過程與結果(二)

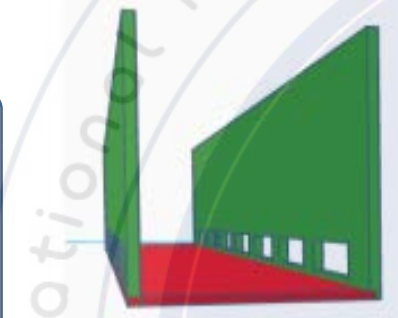
探討磁軌的磁鐵設置對滑板平衡與浮力之影響

探討強力磁鐵擺放在軌道中間或軌道兩側對磁浮滑板平衡的影響

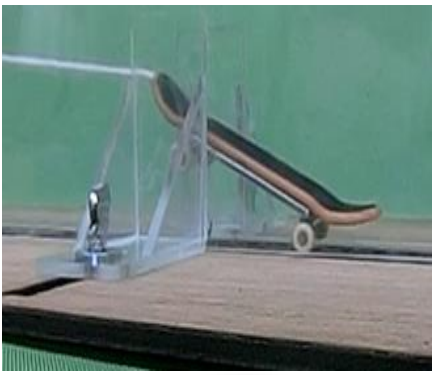
探討磁浮滑板底部磁鐵擺放的角度對滑板的平衡影響



磁鐵在軌道底部

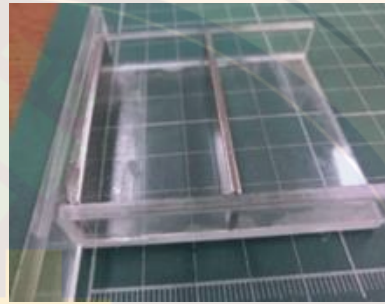
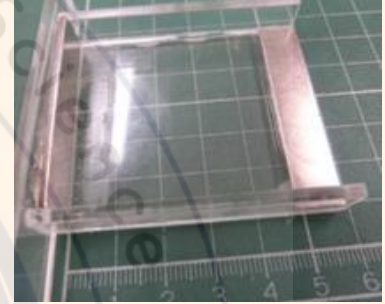
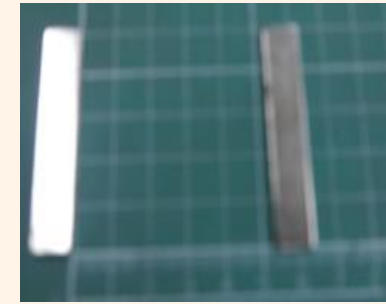




磁鐵在軌道兩側



如上圖，磁鐵固定在在底部，只要有**稍微傾斜**就十分容易**傾倒**。

如上圖，磁鐵擺放至軌道側邊，不但**穩定性強**且**不易翻車**，可以將滑板整個撐起。

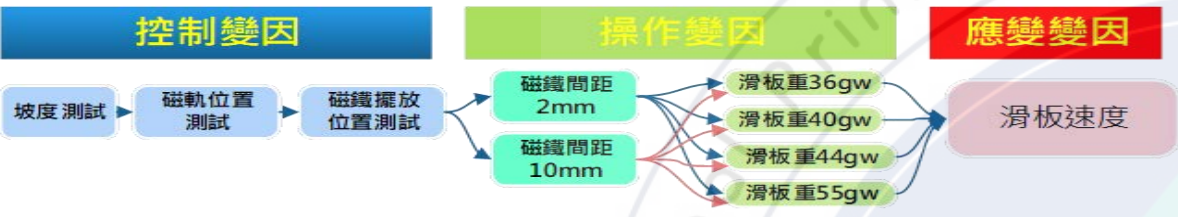
		
兩平行磁鐵間距約 30mm	垂直磁鐵間距約 45mm	垂直磁鐵間距約 52mm
實測	實測	
		
軌道磁鐵在下方滑車距離約 20mm(離底部磁鐵距離)	磁軌在二側滑板距離約 30mm(離磁鐵邊緣距離)	

起初本實驗的設計也是模仿市售磁浮列車教具，將**磁浮軌道上的磁鐵平鋪**在滑板磁鐵的正下方，但我們發現效果非常不好且不易平衡。經過多次的實驗改良，我們發現**強力磁鐵擺放在滑板行駛路徑的兩側磁軌**，其浮力效果更佳而且平衡度更好。

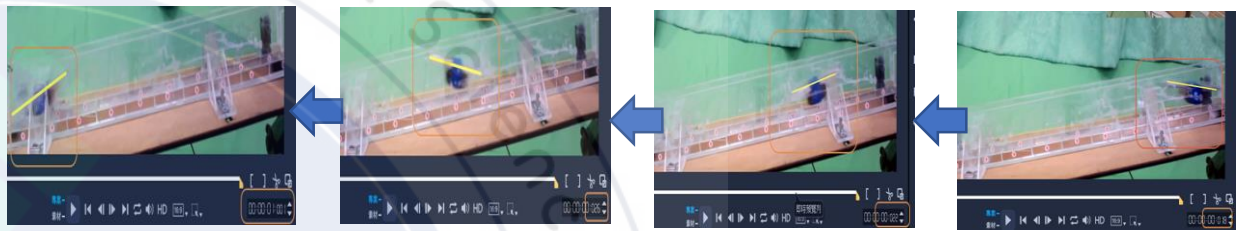
研究過程與結果(三)

探討磁軌的磁鐵間距及穩定器對滑板平衡與下滑速度之影響

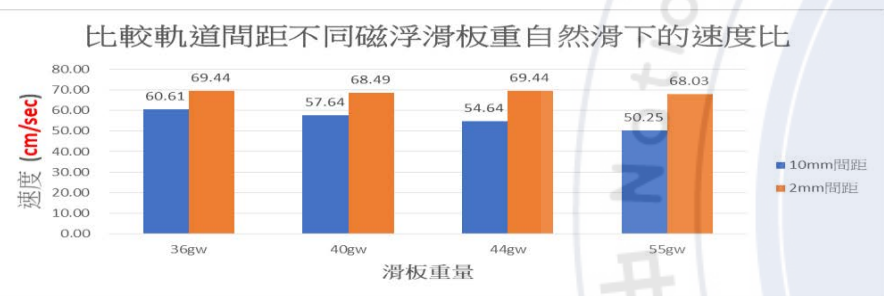
探討不同**滑板重量**、不同**磁軌之磁鐵間距**對磁浮滑板的下滑移動速度影響及其因素



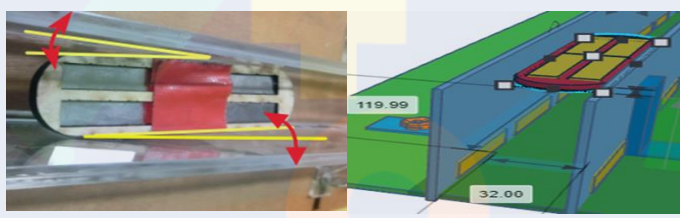
如下圖，滑板上下晃動的幅度(影格分析)



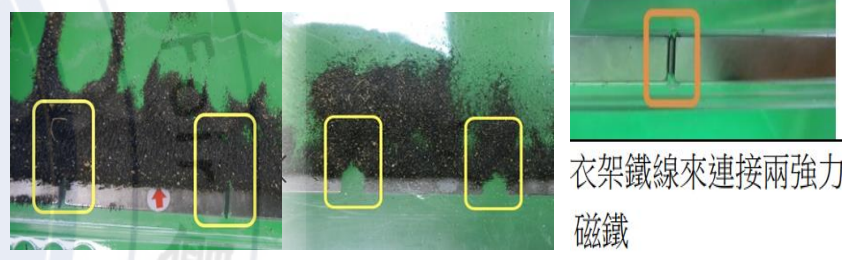
下圖為不同重量磁浮滑板在10度坡及10mm、2mm磁軌間距之滑行速度



如下圖滑板的邊緣會接觸到壓克力，不是一邊接觸到壓克力就是傾斜接觸到壓克力



如下圖，利用鐵粉的散佈觀察磁力分佈情形



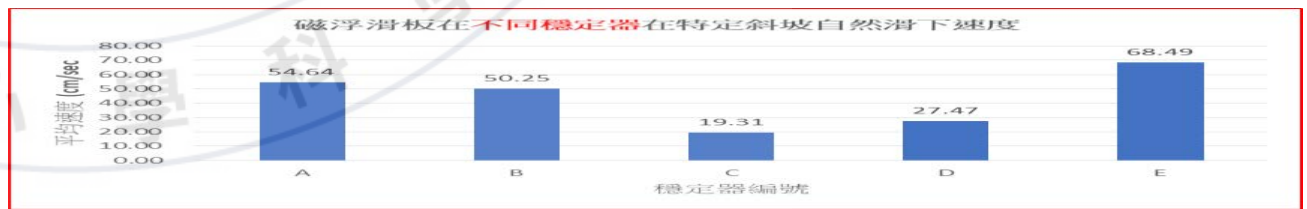
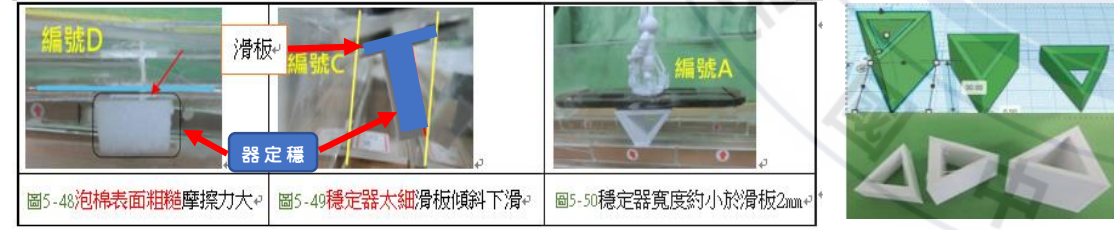
探討滑板下方加裝不同形狀及不同重量之**穩定器**對平衡的影響

磁浮滑板在**不同穩定器**在特定斜坡自然滑下速度(滑板寬32mm)

比較有無穩定器滑板滑行的距離 (測10次) 距離單位:cm

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
有穩定器	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
無穩定器	13	15	0	21	6	32	12	0	36	29

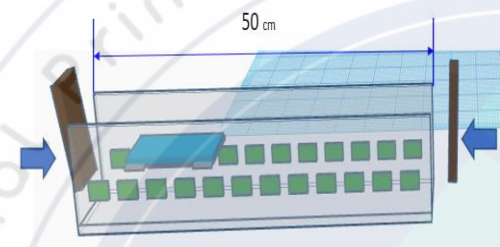
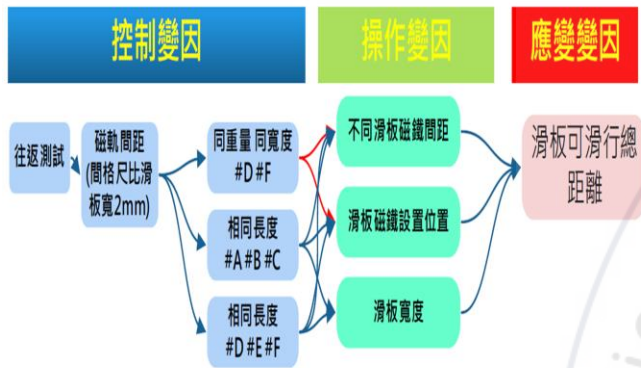
A	B	C	D	E
貼上 30mm 寬 3D 列印空心穩定器	貼上 30mm 寬 3D 列印實心穩定器	貼上 10mm 寬 3D 列印空心穩定器	貼上 30mm 寬泡棉	貼上 30mm 寬瓦楞紙



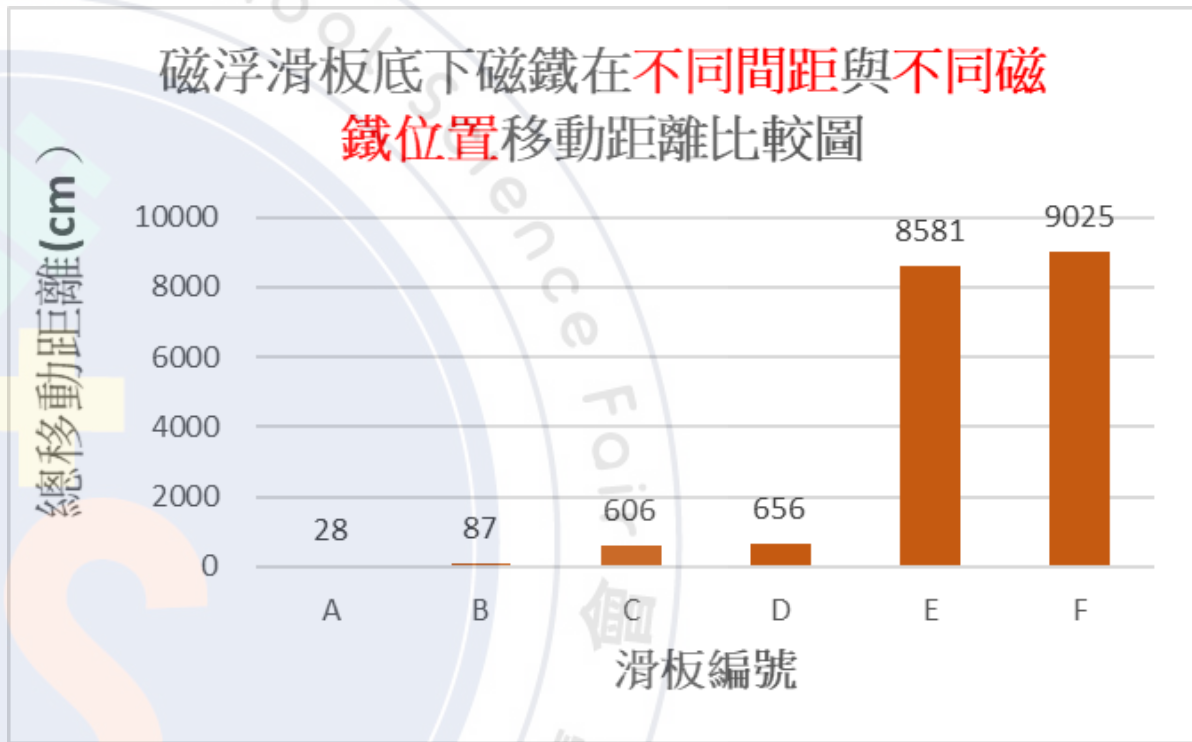
磁浮滑板的穩定器非常輕，也就是磁浮滑板的穩定器並不是因為重心降低，而是因為穩定器寬度跟磁浮滑板的寬度接近容易頂住旁邊的磁軌所以不易翻倒。

研究過程與結果(四)

探討不用穩定可使滑板達磁力平衡的可行性



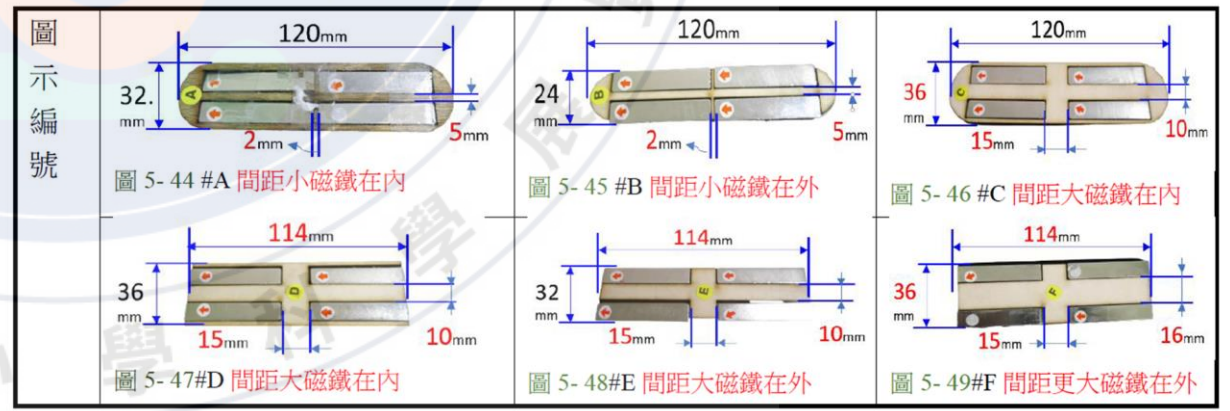
實驗方法四



利用實驗方法(四) 計算推動的次數(每次以 50cm 計算), 實驗 5 次取平均

討論：

- 1.磁浮滑板底部的強力磁鐵設置4片平衡效果最佳，但仍無法全程平衡移動，我們發現磁鐵之間間距改變竟能影響其平衡，尤其是在距離約10-16mm的間距滑板可達完全平衡的情形，經外力也不易翻車。
- 2.編號E及編號F磁鐵設置在最外緣直接接觸壓克力，間距10-16mm實驗結果非常平穩完全不會翻車，此一重大發現。
- 3.編號B磁鐵設置在最外緣但因滑板寬太小，造成容易翻車的情形。
- 4.編號D及編號F重量及大小完全相同，只差在**磁鐵在最邊緣**，實驗結果竟發現**編號F平衡極佳**，小小的改變竟有如此神奇的結果。



研究過程與結果(五)

探討滑板長寬尺寸及磁鐵大小設置對磁力平衡最佳數據



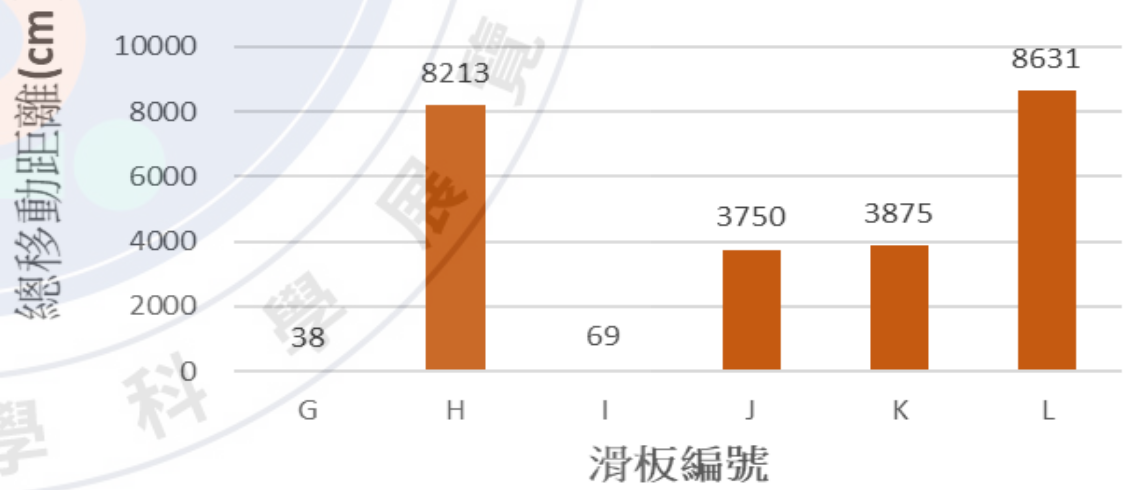
表 5-5 磁浮滑板底部磁鐵設置不同間距與位置及大小對平衡的影響

圖示編號	<p>圖 5-44 #G 間距 10mm 大磁鐵 X2</p>	<p>圖 5-45 #H 間距 10mm 小磁鐵 X4</p>	<p>圖 5-46 #I 間距 10mm 小磁鐵 X4</p>
	<p>圖 5-47 #J 間距 10mm 小磁鐵 X4</p>	<p>圖 5-48 #K 間距 10mm 大磁鐵 X2</p>	<p>圖 5-49 #L 間距 10mm 小磁鐵 X4</p>

討論：

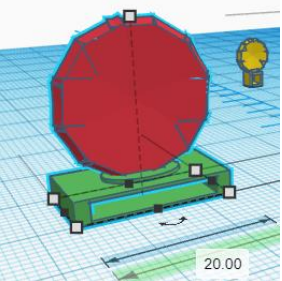
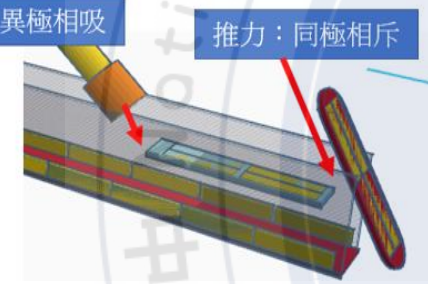

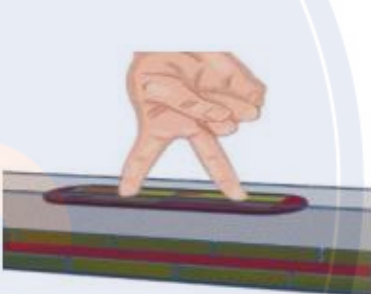
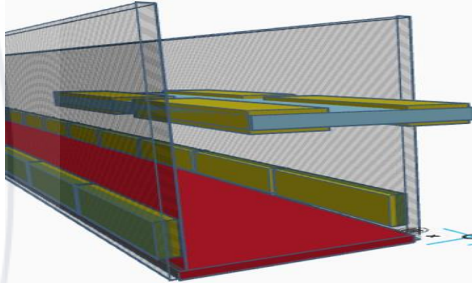


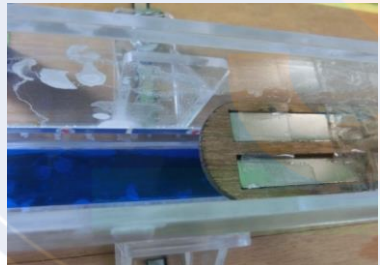


- 1.磁浮滑板底部的強力磁鐵設置4片平衡效果最佳，且小片磁鐵 (20X10mm)也有相同的效果。
- 2.編號G及編號J磁鐵因為滑板長度太小容易翻車，但編號K及編號L長度變長平衡立即改善。
- 3.編號H、I、J利用小片磁鐵設置在最外緣且滑板長不同，發現滑板長度愈長且磁鐵左右間距愈長愈能平衡。
- 4.編號K及編號L將市售板車貼上不同大小的磁鐵，發現磁鐵左右間距愈長愈能平衡。
- 5.小片磁鐵拉長前後(大於70mm)左右(大於30mm)間距可達更佳效果並可降低成本。

磁浮滑板底下磁鐵在不同間距與不同磁鐵位置移動距離比較圖(G-L)

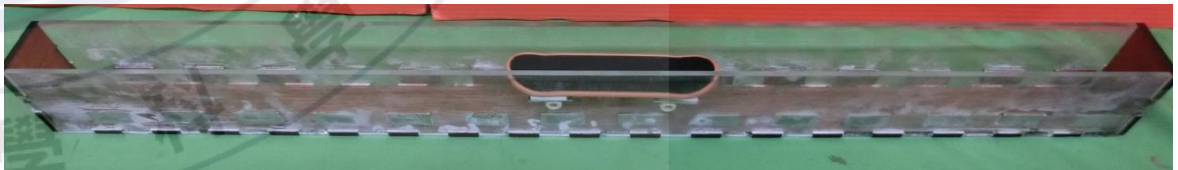


研究過程與結果(六)

平衡遊戲應用活動體驗與教具研發

你吹我跑	你推我跑	花式水上漂	你壓我跑	教具研發-東方不敗號
<p>在滑板上安裝風帆，並用吹氣讓滑板向前。</p>	<p>磁鐵以同極相斥推動滑板前進。</p>	<p>將平行磁軌架於水盆上，進行活動。</p>	<p>利用手指壓著磁浮滑板控制滑板的平衡。</p>	<p>自製研發完全不用穩定器，且完全全衡之磁浮滑板教具。</p>
				
				

自製磁懸浮教具



磁懸浮教具比較表

比較市售教具與本實驗研發教具之相異處

	圖示	經費	磁鐵	磁軌位置	平衡因素	自然下滑速度	說明
市售磁浮列車教具	 <p>圖12-1A</p>	購入 716元	普通磁鐵 懸浮 不明顯 浮空 約 6mm	磁軌位置 在滑車 正下方 (因磁鐵在地面， 不易置換材料)	利用 凹槽	較慢 (因靠凹槽平衡， 接觸面多滑行 速度較慢)	利用一般磁鐵 磁力較弱，平 衡方式利用凹 凸槽的機構原 理才不至於翻 車，浮在空中 距離並不明顯。
自製磁浮滑板	 <p>圖12-2A</p>	材料費 約 300元	強力磁鐵 懸浮 明顯 浮空 約16mm	磁軌位置 在滑車 兩側 (可架設於不同 地面如水盆或 釘子面)	磁力 平衡	較快 (因靠磁力平衡， 接觸面少滑行 速度快)	本組研發的 磁浮滑若在平 行移動下且磁 軌距離固定情 況下，完全不 會翻車，懸浮 明顯利於觀察 及競賽活動等 相關教具。

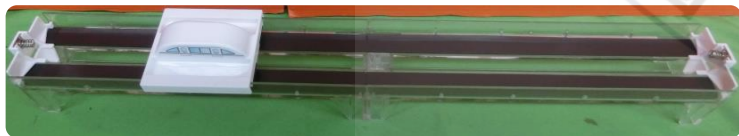


圖12-1B

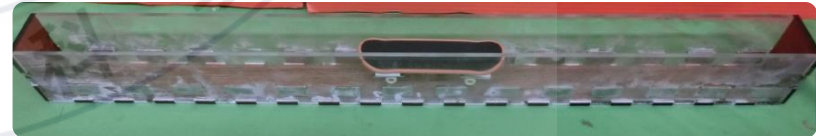
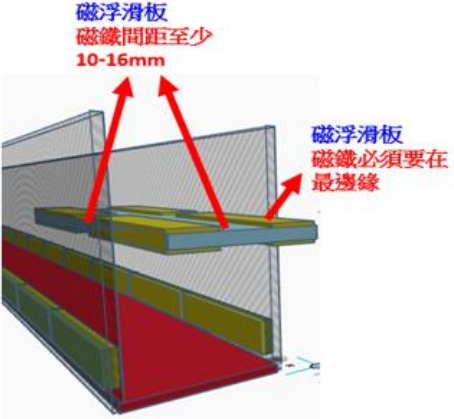


圖12-2B

結論

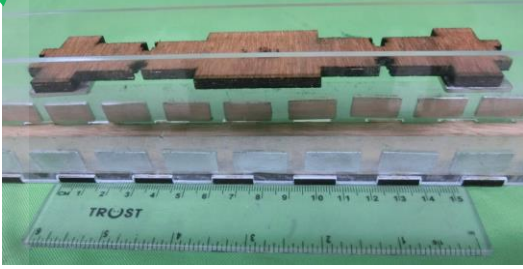
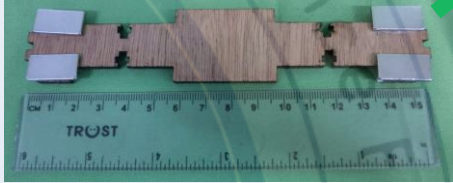
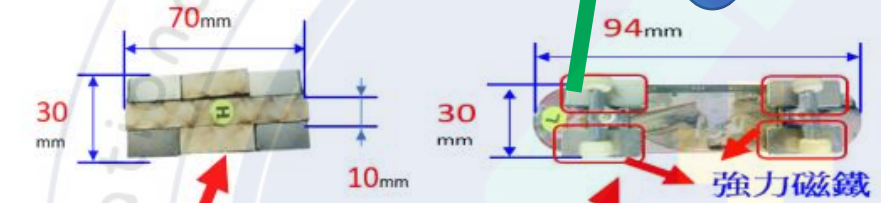
五大結論重點可讓磁浮滑板完全平衡在空中行駛

1 滑板長度等於或大於70mm寬大於30mm寬 滑板可達平衡狀態



2 磁鐵設置必須在最邊緣，滑板可達完全平衡

3 利用小片強力磁鐵取代大磁鐵且拉長間距既平衡又省錢



4 磁鐵在軌道二側磁浮滑板較為平穩

磁軌磁鐵間距愈小滑板會更平穩

利用一小段鐵線可大幅縮短兩磁鐵相斥情形

磁浮滑板的磁軌寬度以略大於滑板2-3mm寬為最佳設計

將兩平行磁軌固定，可達最佳平衡狀態

5 片狀強力磁鐵垂直方向較水平方向磁力(相斥力)較強

影響磁浮滑板在共同斜坡下滑速度之因素為摩擦力、滑板晃動幅度