

<p>題目名稱：「無」與「輪」比的列車—探討磁浮列車的原理</p>								
<p>壹、摘要</p> <p>磁浮列車是陸地上行駛最快的交通工具，目前分成相吸式和相斥式兩種，我們對於磁浮列車可以懸浮起來並且穩定行駛的原理很好奇，所以設計了一些實驗來探討磁浮列車的原理。我們發現相斥式的磁浮列車要成功懸浮，車底和軌道上磁鐵的對應磁極需要是同名極的排列方式，這樣才可利用磁鐵同名極相斥的磁力讓列車懸浮起來。另外軌道上兩磁鐵的間距不得超過 0.5 公分外，且須在軌道兩側加裝輔助牆列車才能穩定懸浮行駛。由於真實的磁浮列車係利用電磁鐵的磁極轉換做為動力，本研究為能容易的進行行駛測試，以風扇之風力當作推進動力。我們還嘗試讓列車從較高處往較低處行駛，將其列車重力位能轉化成動能，亦可作為一種列車行駛的動力。綜上，透過本研究簡易的裝置瞭解磁浮列車懸浮的原理及行駛的機制，之後可將此裝置精進改良作為磁浮列車玩具，讓同學們透過遊戲更了解磁鐵的特性及功用。</p>								
<p>貳、探究題目與動機</p> <p>磁浮技術的研究源於德國，從 1922 年德國工程師赫爾曼·肯佩爾就提出了電磁浮原理距今已經過了 100 年。我們還是覺得磁浮列車真的很神奇，竟然可以完全不需任何物體支撐就能浮起來，引起我們強烈的興趣，接續了我們接下來一連串的探究。</p>								
<p>參、探究目的與假設</p> <p>一、探討磁浮列車穩定懸浮的原理 二、探討磁浮列車穩定行駛的機制 三、如何使磁浮列車下坡穩定行駛</p>								
<p>肆、探究方法與驗證步驟</p> <p>一、設備與器材：</p> <p>1.</p> <table border="1" data-bbox="300 1646 1305 1971"> <thead> <tr> <th data-bbox="300 1646 654 1713">強力磁鐵</th> <th data-bbox="654 1646 1002 1713">珍珠板</th> <th data-bbox="1002 1646 1305 1713">馬達</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="300 1713 654 1971">  </td> <td data-bbox="654 1713 1002 1971">  </td> <td data-bbox="1002 1713 1305 1971">  </td> </tr> </tbody> </table>			強力磁鐵	珍珠板	馬達			
強力磁鐵	珍珠板	馬達						
								

美工刀	剪刀	熱熔膠	
			

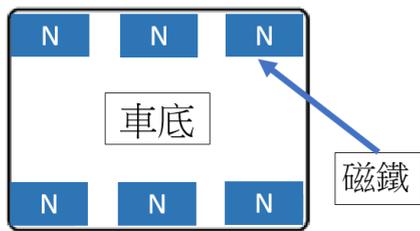
2.自製磁浮列車及其軌道(180cm)

3.Tracker 軟體、錄影機、手機

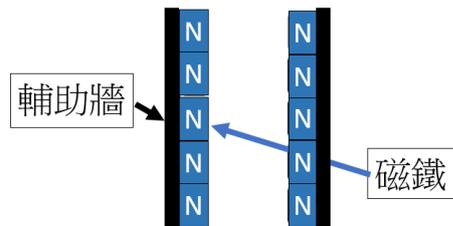
二、探究方法與步驟

(一) 探討磁浮列車穩定懸浮的原理

1. 自製磁浮列車與軌道，車身長、寬、高為（17.0×10.6×0.5cm），車底部磁鐵的排列方式（如圖一所示），軌道的磁條排列方式（如圖二所示）…。

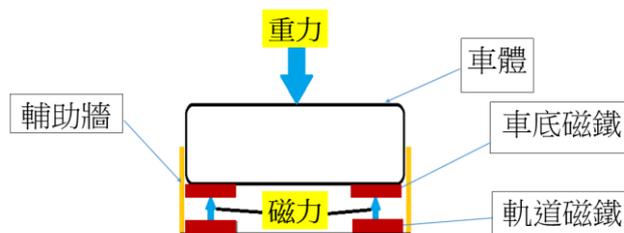


圖(一) 車底磁鐵方式示意圖



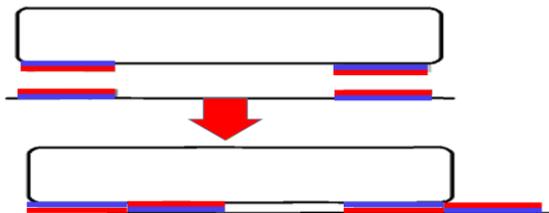
圖(二) 軌道磁鐵排列方式示意圖

2. 運用磁鐵同名極相斥、異名極相吸的原理，使列車克服本身重力穩定懸浮，如圖(三)。

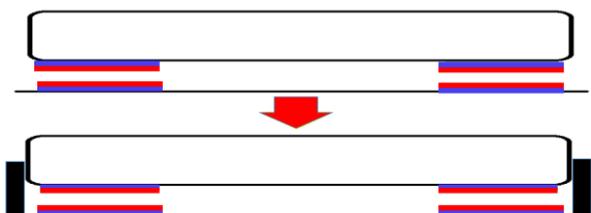


圖(三) 磁浮原理示意圖

3. 列車懸浮於軌道上時易歪斜，如圖(四)；故需在軌道兩旁架設輔助牆使列車不向外歪斜、飄離軌道，如圖(五)。



圖(四) 列車懸浮時易歪斜示意圖



圖(五) 架設輔助牆可使列車不偏移示意圖

(二) 探討磁浮列車穩定行駛的機制

1. 軌道兩側強力磁鐵貼法探討

在軌道左右兩側黏上強力磁鐵，磁鐵間隔排法經測試(如下表)。

磁鐵間距	0cm	0.1cm	0.2cm	0.3cm	0.4cm	0.5cm
是否影響	否	否	否	否	否	否
磁鐵間距	0.6cm	0.7cm	0.8cm	0.9cm	1.0cm	1.1cm
是否影響	是	是	是	是	是	是

軌道兩側強力磁鐵貼法影響

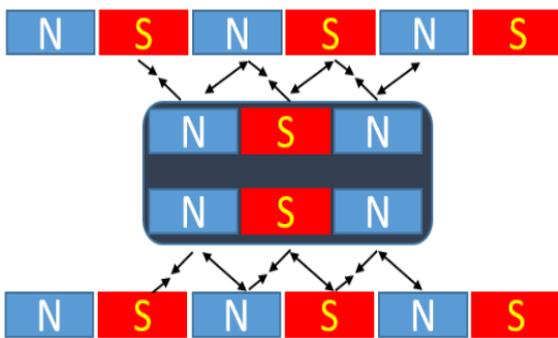


圖(六) 自製自製磁浮列車與軌道作品圖

小結：實驗結果發現，兩磁鐵間距若超過 0.5cm，列車則無法穩定行駛。本研究採磁鐵間距為 0 公分製作軌道，自製磁浮列車與軌道如圖(六)所示。

2. 磁浮列車行駛原理

真實的磁浮列車利用電磁鐵的磁極轉換做為動力，前方的電磁鐵異性相吸，將列車往前吸，後方的電磁鐵同性相斥，將列車往前推；我們自製的磁浮列車，行駛於平地時，使用風扇吹出的風產生的反作用力，將列車往前推進。



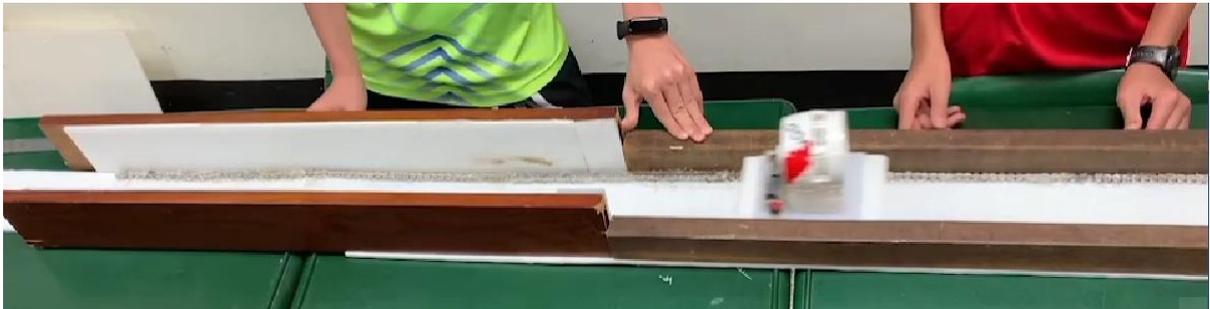
真實的磁浮列車動力



原本研究動力

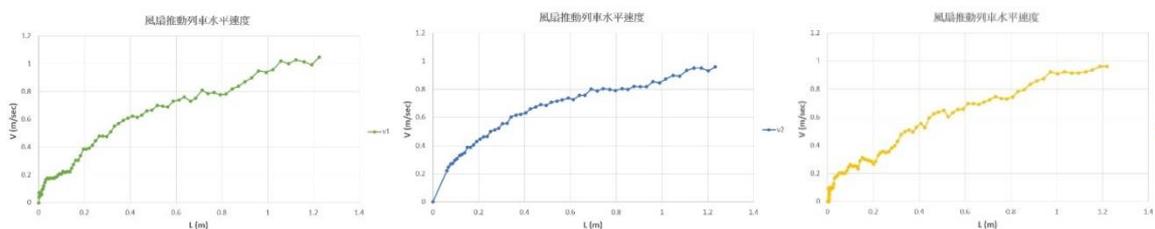
3. 實驗分析

本研究製作長 1.5 公尺之水平直線軌道，並利用風扇當推進動力，且盡量將風扇重心擺在車體的中央，使列車行駛更穩定。攝影紀錄磁浮列車模型行駛軌跡並利用 Tracker 分析本裝置(圖七)條件下列車行駛軌跡之速度及加速度。

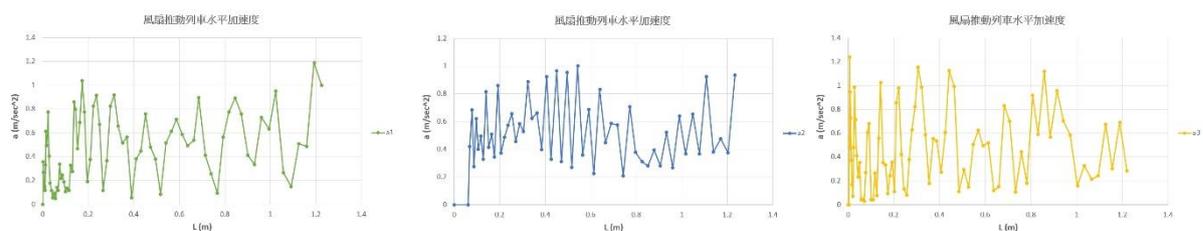


圖(七) 直線行駛之測試模型

經利用 Tracker 軟體分析，本模型在風扇做推進動力條件下，速度從靜止 0 m/sec 不斷提升到終點之速度約為 1.0 m/sec；然各次實驗之加速度呈現高低起伏不穩定情形，經探討是因列車行駛過程受輔助牆的摩擦力影響，使加速度呈現高低起伏不穩定情形。



直線行駛之速度數據分析圖



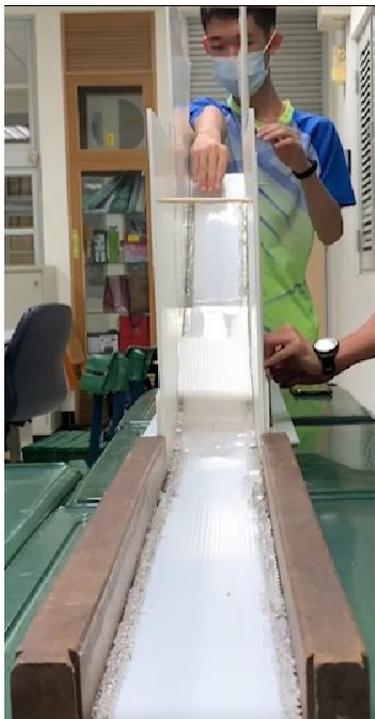
直線行駛之加速度數據分析圖

小結：我們使用風扇當推進動力，經實驗發現，列車在有穩定的風力下行駛，其速率會不斷提升，但行駛過程受輔助牆的摩擦影響列車行駛速度，如能減少列車與輔助牆之摩擦力，將可使列車行駛更快速。

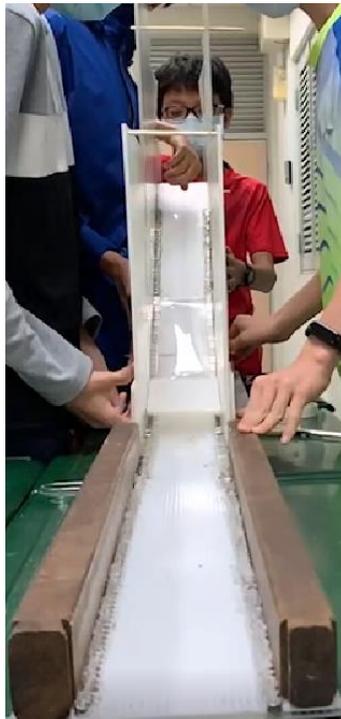
(三) 如何使磁浮列車下坡穩定行駛

除了前面利用風扇當推進動力外，本研究調整軌道的傾斜角度，分別將軌道傾斜角度變成 30 度、45 度、60 度，探討列車於下坡時將重力位能轉化成動能之行駛

情形，透過攝影紀錄列車行駛軌跡及利用 Tracker 軟體分析其運行速率。實驗裝置如下圖所示。



傾斜 30 度

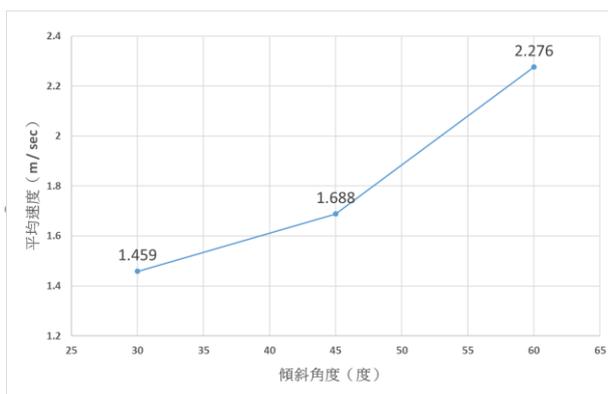
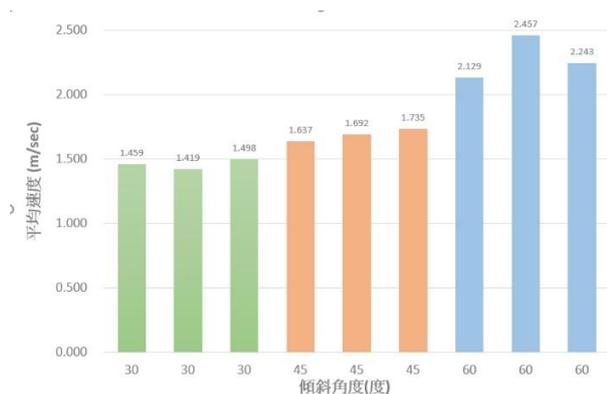


傾斜 45 度



傾斜 60 度

經實驗量測分析，當軌道傾斜角度為 30 度時，行駛軌跡的平均速率為 1.459 m/sec；當軌道傾斜角度持續加大至 60 度時，行駛軌跡的平均速率增為 2.276 m/sec。結果證實，當軌道的傾斜角愈大時，便可將列車重力位能轉化成動能，並以慣性持續前進。



軌道傾斜角度對列車行駛速度的影響

結論與生活應用

1. 相斥式的磁浮列車要成功懸浮，車底和軌道上磁鐵的對應磁極需要是同名極的排列方式，這樣才可利用磁鐵同名極相斥的磁力讓列車懸浮起來。
2. 軌道上兩磁鐵的間距不得超過 0.5 公分，且須在軌道兩側加裝輔助牆列車才能穩定懸浮

行駛。

3. 本實驗列車在穩定的風力下行駛，其速率會不斷提升，但行駛過程受輔助牆的摩擦影響列車行駛速度，如能減少列車與輔助牆之摩擦力，將可使列車行駛更快速。
4. 韓國、德國、日本與中國為世界上目前有磁浮列車試驗或營運路線的國家，而我們的實驗是使用日本式的。
5. 透過本研究簡易的裝置瞭解磁浮列車懸浮的原理及行駛的機制，之後可將此裝置精進改良作為磁浮列車玩具，讓同學們透過遊戲更了解磁鐵的特性及功用。

參考資料

1. 洪子媛、陳佳龍、桂承平、吳依蓓、洪悅庭(2009)。能者多勞－太陽能驅動磁浮小火車。全國中小學科展國中組物理科科展說明書。
2. 陳柏諺(2018)。揭密「磁浮列車」。全國中小學科展國中組生活與應用科學(二)科科展說明書。
3. 張賀翔、黃冠境、王佑仁(2006)。絕妙好「磁」－磁浮現象在緩降機之應用。全國中小學科展國中組生活與應用科學科科展說明書。