

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 物理科

080117

能者多勞－太陽能驅動磁浮小火車

學校名稱：臺北市信義區三興國民小學

作者： 小五 洪子媛 小五 陳佳龍 小五 桂承平 小五 吳依蓓 小五 洪悅庭	指導老師： 游秀靜 李重孝
---	-----------------------------

關鍵詞：磁力線、太陽能板、磁浮列車

作品名稱：能者多勞—太陽能驅動磁浮小火車

摘要

磁浮列車是利用磁力使車體浮起來的一種新穎交通工具，因為並沒有與軌道直接接觸，因此能將只有空氣的阻力減到最小。我們借用磁浮列車的靈感，利用磁鐵同名極相斥、異名極相吸的原理，製作一系列以「磁吸原理」行進的「磁浮」小火車，運用電池為動力，使小火車順利前進。

隨後，基於環保意識，乃將原本以電池為動力的「磁浮列車」改製成以太陽能為動力來源的「太陽能磁浮小火車」。繼而探討不同照度的光線被太陽能板轉換為動能後，對磁浮小火車行進速度之影響，同時完成研究報告。

使用太陽能板，只要在可以接收到陽光的地方就可以產生能量，所以太陽能是解決環境污染及能源短缺的最佳選擇之一。

壹、研究動機

我們在四年級自然課程中學習到「電路的連接電池與玩具」、「設計小開關」、「電池與環保」。也在自主學習時，發現五年級自然課程「力的世界」單元的「電能生磁」活動中，有介紹磁浮列車的基本原理，結合「力的大小、摩擦力」相關知識，想製作一好玩又有趣的磁「浮」列車。

為了讓車子順利「浮」起來，我們利用磁鐵同名極相斥、異名極相吸的現象，使車子下方和軌道帶相異的磁性，車子便能因為磁的吸力和斥力而「浮」在軌道上。由於摩擦力小而飛速行駛的特點…激起我們對科學以及科學原理產生興趣。在找尋適合動力源的過程中，我們意外發現利用軌道兩旁交錯磁性的磁鐵，可以讓圓形磁鐵滾動。另外，我們發現利用兩邊放置強力磁鐵，會產生強大斥力磁場，並將此裝置命名為「強力磁鐵加速器」。為了減少摩擦力，在磁軌上加裝透明玻璃板，確實增加磁浮列車速度。我們上網路找出磁浮列車的運動原理和增進磁浮列車的運動速度，瞭解原來磁輪運動原理來自於磁軌對磁輪產生的『磁鐵吸力與斥力的交互作用』，知道磁輪大小並不是影響磁輪運動的主要因素，而是磁輪的磁力大小影響最大。最後我們利用磁場性質，對磁懸浮裝置進行設計與研究，將物體懸浮起來，達到消除或減少接觸阻力的目的。在進行一系列的變項探討後，選擇較適之軌型及磁輪個數，製作磁浮小火車。

為了盡一分愛地球的心，我們將原本以電池為動力的「磁浮列車」改製成以太陽能為動力來源的「太陽能磁浮小火車」，接著探討不同照度的光線被太陽能板轉換為動能後，對磁浮小火車行進速度的影響，同時完成研究報告。

貳、研究目的

- 一、探討地面長條磁鐵單軌之磁輪個數對速度之影響。
- 二、探討地面長條磁鐵雙軌之磁輪個數對速度之影響。
- 三、探討減少摩擦力測試單軌之磁輪個數對速度之影響。
- 四、探討減少摩擦力測試雙軌之磁輪個數對速度之影響。
- 五、探討加速器測試單軌之磁鐵個數對速度之影響。
- 六、探討加速器測試雙軌之磁鐵個數對速度之影響。
- 七、瞭解爬坡測試單軌之磁鐵個數和斜坡高度之關係。
- 八、瞭解爬坡測試雙軌之磁鐵個數和斜坡高度之關係。
- 九、瞭解照度對太陽能磁浮小火車行進速度之影響。

參、研究設備及器材

- 一、長條磁鐵：
規格：長100cm、寬1cm、高0.7cm。
用途：磁浮列車軌道，增加磁浮列車穩定性。
- 二、圓形磁鐵：
小磁輪規格：內直徑0.5cm、外直徑2.4cm、厚0.2cm，可吸住3個迴紋針。
中磁輪規格：內直徑0.7cm、外直徑2.8cm、厚0.25cm，可吸住2個迴紋針。
大磁輪規格：內直徑3.2cm、外直徑6cm、厚1cm，可吸住4個迴紋針。
用途：磁浮列車輪軸，利用磁性原理產生前進的動力。
- 三、強力磁鐵：
規格：外直徑2.4cm、厚0.5cm。
用途：作為加速器，利用磁場產生強大的吸力與斥力，使磁浮列車加速。
- 四、透明玻璃板：
規格：長100cm、寬4cm、厚0.2cm。
用途：軌道加工，加裝於棒形磁鐵下端，用以減少摩擦力。
- 五、太陽能板（ photovoltaic cells ）：
規格（ solar panel 1- 150 ）
用途（透過太陽能板可以收集太陽的光能和熱能並加以轉換成電力環保利用。）
- 六、照度計
用途：測量光源強度。
- 七、鹵素燈：
規格：500W。
用途：做為光線來源。
- 八、圓形軌道
用途：做為測試小火車是否能順利運行用。
- 九、長條軌道
用途：測量小火車行進速度用。

肆、研究過程

一、磁鐵特性探討：

(一) 磁極：

- 1.以細線懸吊的棒形磁鐵轉動後會慢慢停止，此時磁鐵兩端會指向南、北方。
- 2.指向北方的一端叫做磁鐵的指北極或 N 極；指向南方的一端叫做磁鐵的指南極或 S 極。

(二) 磁性物質：

可以被磁鐵吸引的物體，大都由鐵、鈷、鎳或其合金所構成，故鐵、鈷、鎳為磁性物質。

(三) 磁場強度：

- 1.將磁鐵靠近迴紋針時，磁鐵兩極吸附的迴紋針最多，顯示磁鐵兩極最強，中間部分較弱。
- 2.磁鐵不需接觸迴紋針，即可對迴紋針產生作用。

(四) 磁鐵間的交互作用：

- 1.兩磁鐵的 N 極 (S極) 互相靠近時，會發生互相排斥的作用，即同名磁極會互相排斥。
- 2.一磁鐵的 N 極靠近另一磁鐵的S極時，會發生相互吸引的作用，即異名極會互相吸引。

(五) 磁極的存在：

- 1.正電荷或負電荷可以單獨存在，而磁鐵的N極與S極卻總是成對的存在。
- 2.不管以任何的方式將磁鐵折成兩半或數段時，每一段仍然是具有N極與S極的磁鐵。

(六) 暫時磁鐵與永久磁鐵：

- 1.暫時磁鐵：像鐵釘這樣的物質，當磁鐵移除後，便無法長期保有磁性，稱為軟磁鐵或暫時磁鐵。
- 2.永久磁鐵：有些物質如鋼釘，磁化後，可長期保有磁性，稱為硬磁鐵或永久磁鐵。

二、磁場方向的特性：

磁力作用所及的空間稱為磁場。每一塊磁鐵附近都有磁場，磁性物質進入磁場，就會被磁力吸引，並磁化而變成一個磁鐵。磁鐵周圍的磁場強度和方向均不相同。

三、磁力線：

磁力線是用來表示磁場強度與磁力方向的假想曲線。

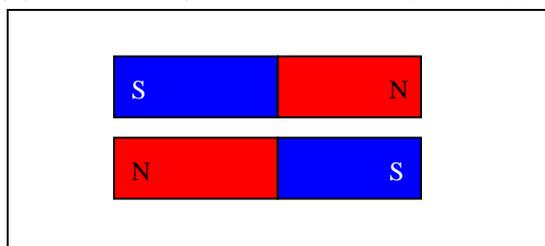


圖 4-1 極性圖

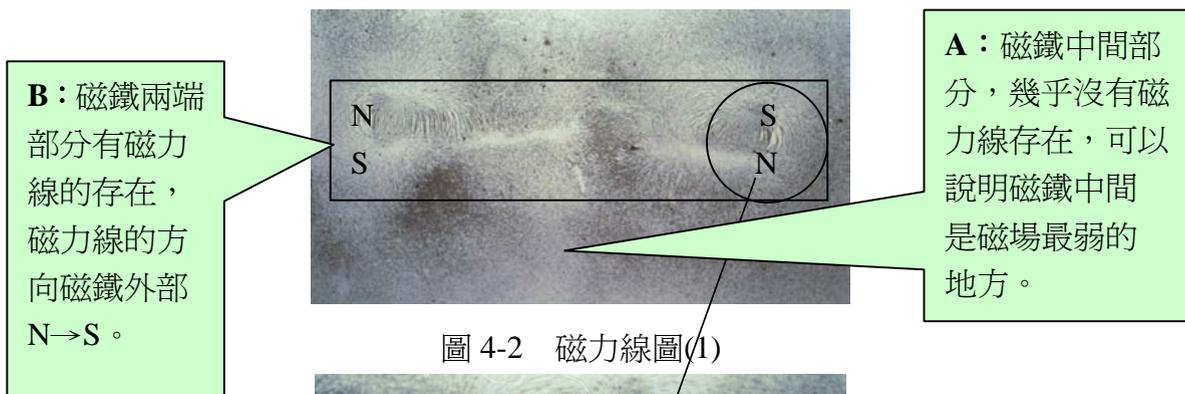


圖 4-2 磁力線圖(1)



圖 4-3 磁力線圖(2)

觀察磁力線圖(1)及圖(2)，其中磁力線圖(2)是圖(1)右端的放大圖形，很明顯的可以發現三項特性。

1. A：在磁鐵兩端處因 N、S 異名極，磁力線呈現封閉磁力線。
2. B：磁鐵兩端部分有磁力線的存在，磁力線的方向磁鐵外部 N → S。

磁力線的分析：將一小磁針由磁鐵的 N 極出發慢慢的移動繞到 S 極，則磁針的 N 極的指向可以連成一條曲線，該曲線就是磁力線。磁鐵上方鋪一張描圖紙，先將磁軌描出，並在紙上均勻撒佈鐵粉，用刷子將鐵粉均勻分布，鐵粉所排列的曲線就是磁力線。磁力線各點上磁針 N 極的指向為小磁針 N 極的受力方向，即磁力線指向磁鐵 S 極的方向。磁力線為一假想曲線，實際上並不存在。

四、軌道設計：

根據賴汶渝、黃薇等（2001），磁浮列車飛得快的報告書。我們選用長條磁鐵：規格（長：100cm、寬：1cm、高0.7cm）作為磁浮列車軌道。再利用磁鐵吸引迴紋針的個數，檢測兩端長條磁鐵的磁極磁力，取磁力相當的長條磁鐵作為軌道。我們先挑選 N 極和 S 極分別能吸取 3 根迴紋針之長條磁鐵 2 個，以同極排列方式鋪設軌道。

五、磁「浮」小火車及軌道製作：

（一）材料設備：

- 1.強力長條磁鐵用來當軌道，軌道嵌在珍珠板溝槽中
- 2.太陽能板（photovoltaic cells）
- 3.細鐵絲用來拖引紙製車廂
- 4.用來切換電源的單刀開關
- 5.四號單顆電池盒
- 6.太陽能板電池所使用之小馬達，規格 6V 內
7. PC 板用來當作車廂底座

8.強力圓形磁鐵黏在馬達上帶動車體

9.工具：尖嘴鉗、剪刀、美工刀、瞬間膠、電烙鐵、焊錫、鑽孔機、膠帶。

(二) 製作流程：

1.自行 DIY 的環形軌道製作

先珍珠板黏貼於木板上，再量出環型軌道內外徑。以畫圓器畫出軌道後，以刀片切割出長條磁鐵的凹槽，再置入長條磁鐵。



圖 4-4 環形軌道製作過程 (一)



圖 4-5 環形軌道製作過程 (二)

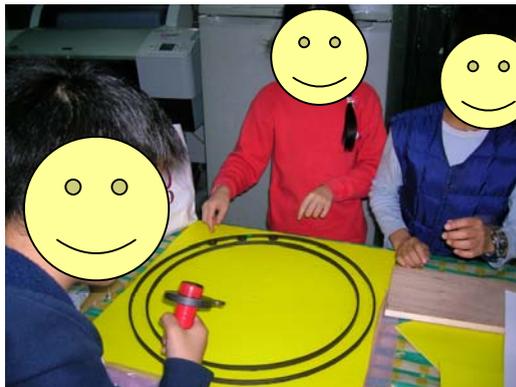


圖 4-6 環形軌道 DIY 成品 (一)

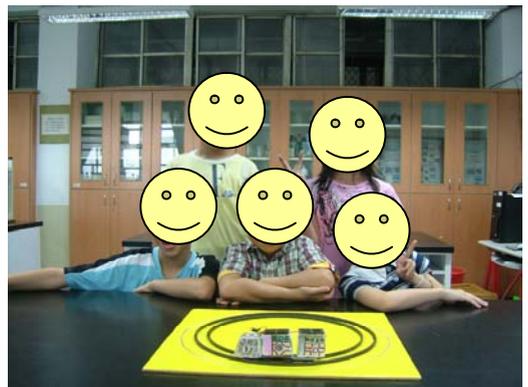


圖 4-7 環形軌道 DIY 成品 (二)

2.自行 DIY 的長形軌道製作

以木板固定出長形軌道的長度，後以強力雙面膠將長條磁鐵黏在木條上。先製作單軌長形軌道，以進行單軌系列實驗。再將另一邊軌道訂上去，以進行雙軌實驗。



圖 4-8 長條軌道 DIY 成品 (一)



圖 4-9 長條軌道 DIY 成品 (二)

3.車頭製作

(1)將工具箱塑膠隔片當作車頭底座，馬達以雙面膠固定在一端，強力圓形磁鐵以快乾膠黏在馬達轉軸上。須留意，馬達轉軸一定要黏在圓形磁鐵正中央而且必須垂直，轉軸與磁鐵沾黏處面積極小不容易黏，要靠經驗累積。

(2)以紙板做車頭蓋，覆蓋在馬達外面。

4.拖車車箱製作

(1)以紙板為車廂車體。以長度約 2cm 之細螺絲，栓在以 PC 板為車廂車體兩造上，聯成一系列車廂。

(2)取電鑽於塑膠片上鑽孔，再以小螺絲和小螺帽將磁輪固定。

5.動力源製作

(1)以電池為動力時：將電池盒以小螺絲釘栓在車體隔片上方，並將電源線正負極焊在單刀開關上，在將單刀開關固定在車體前簷。

(2)以太陽能板為動力時：先將 photovoltaic cells 固定在車廂上方，再將電源線正負極直接焊接在小馬達片。進行實驗時，則以控制光源開關來作為小火車動力的間接開關。



圖4-10 太陽能磁浮小火車（上拍圖）



圖4-11 太陽能磁浮小火車（側拍圖）

六、磁輪運動：

測試不同磁輪個數在軌道上的滾動速度，並紀錄相關資料，分析其速度及穩定性。另外減少摩擦力的試驗中，是利用透明的玻璃板光滑表面，摩擦力實驗主要是研究磁輪速度與接觸面的關係。

七、強力磁鐵加速器：

加速器試驗是在軌道的兩側裝上與軌道相吸的強力磁鐵，利用兩個強力磁鐵之間所產生的磁場與磁輪異性相斥的原理而設計的。兩強力磁鐵間所產生的磁場對磁輪產生斥力，磁輪有明顯的加速效果。這是首次發現此項特性，故我們稱之為「強力磁鐵加速器」。

八、爬坡試驗：

爬坡試驗則是在磁軌末端底下加上0.5cm的飛機木，不斷加高到2cm觀察紀錄小火車行進速度與坡度之間的關係。



圖4-12 磁浮小火車系列試驗（一）



圖4-13 磁浮小火車系列試驗（二）

九、太陽能電池發電原理及實驗設計：

（一）太陽能電池發電原理：

太陽能電池係一種利用太陽光直接發電的光電半導體薄片，它只要一照到光，瞬間就可輸出電壓及電流。而此種太陽能光電池簡稱為太陽能電池，或太陽電池。

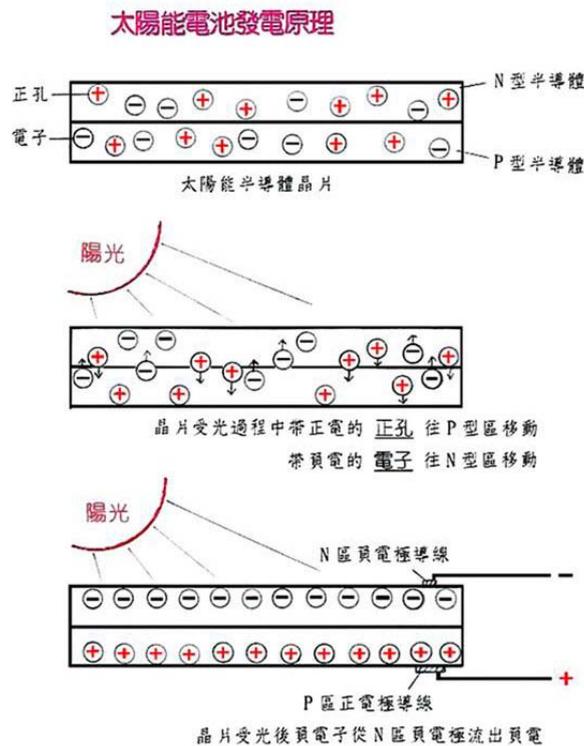


圖4-14 太陽能電池發電原理

（二）實驗設計：

本研究以調整光源高度改變照度，探討照度對太陽能磁浮小火車行進速度之影響。

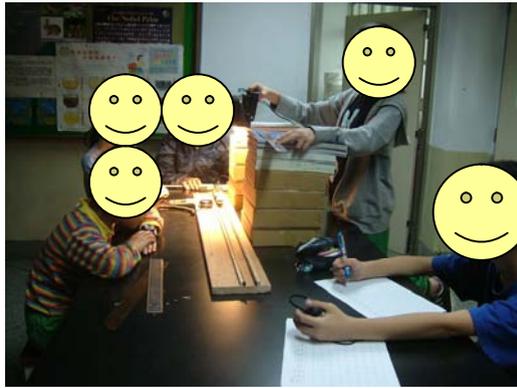


圖4-15 太陽能小火車試驗（一）

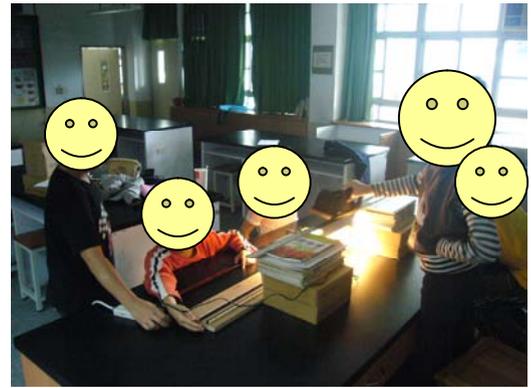


圖4-16 太陽能小火車試驗（二）

伍、研究結果

一、地面長條磁鐵單軌之磁輪個數對速度之影響

由實驗結果（參見圖5-1）可以發現，當磁輪個數增加時，速度也會跟著加快。尤其加到5顆磁輪時，速度是最快的。

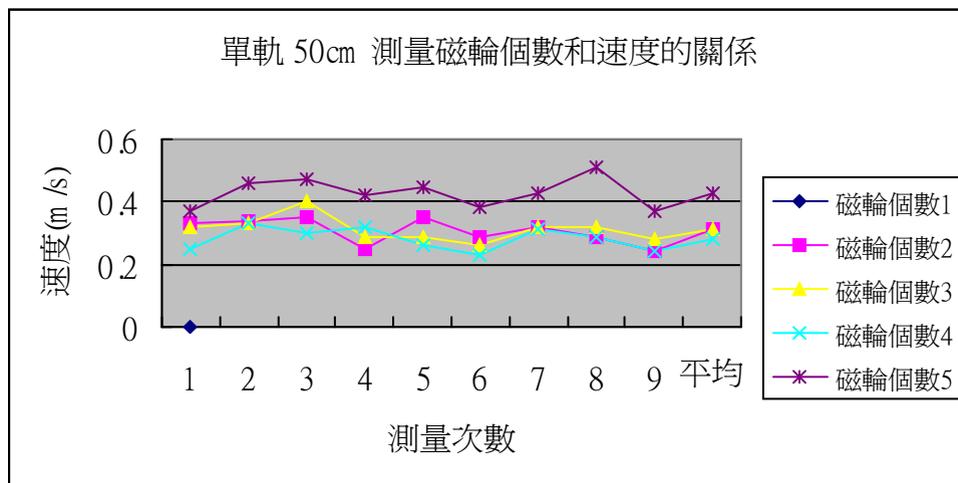


圖5-1 單軌50cm測量磁輪個數和速度關係

二、地面長條磁鐵雙軌之磁輪個數對速度之影響

在雙軌實驗中（參見圖5-2），磁輪個數對速度影響較不明顯。另一方面，雙軌確實可以解決單顆磁輪不穩定現象。

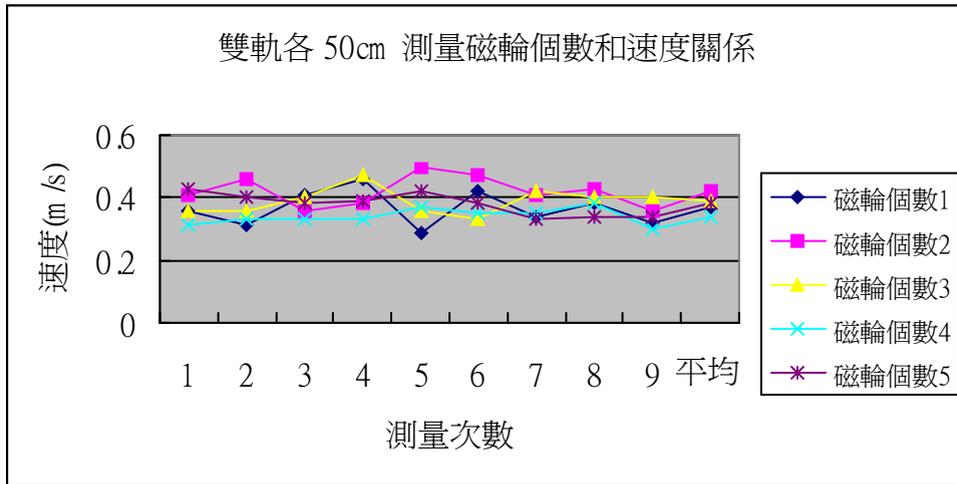


圖5-2 雙軌各50cm測量磁輪個數和速度關係

三、減少摩擦力測試單軌之磁輪個數對速度之影響

(一) 小磁輪：

安裝玻璃板後，速度明顯加快（參見圖5-3），相對的穩定性減弱，所以1顆和2顆磁輪時均無法測量速度。

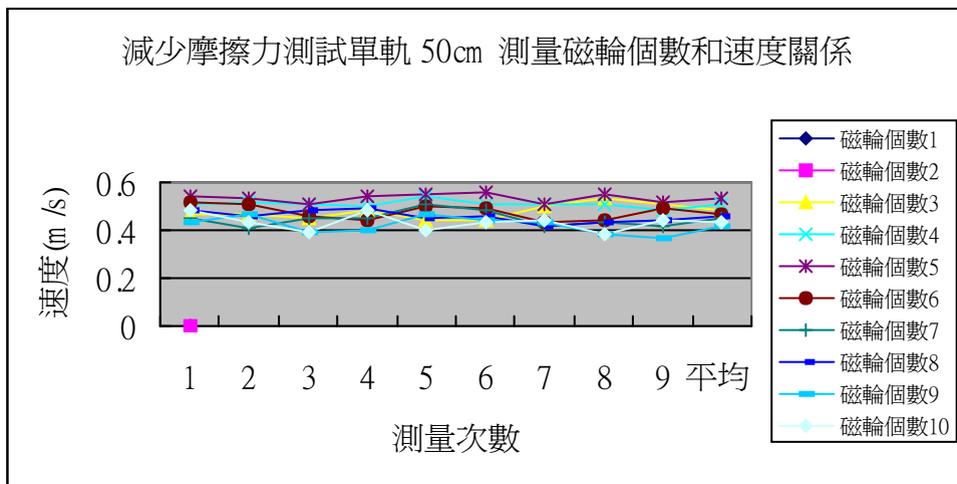


圖5-3 減少摩擦力測試單軌50cm測量磁輪（小磁輪）個數和速度關係

(二) 中磁輪：

磁輪個數對速度影響不大（參見圖5-4），以中磁輪而言，4顆中磁輪可以達到最快速度。探討原因是4顆磁輪的厚度約1cm，在3.9cm寬度的磁軌上有最好的吸引效果。

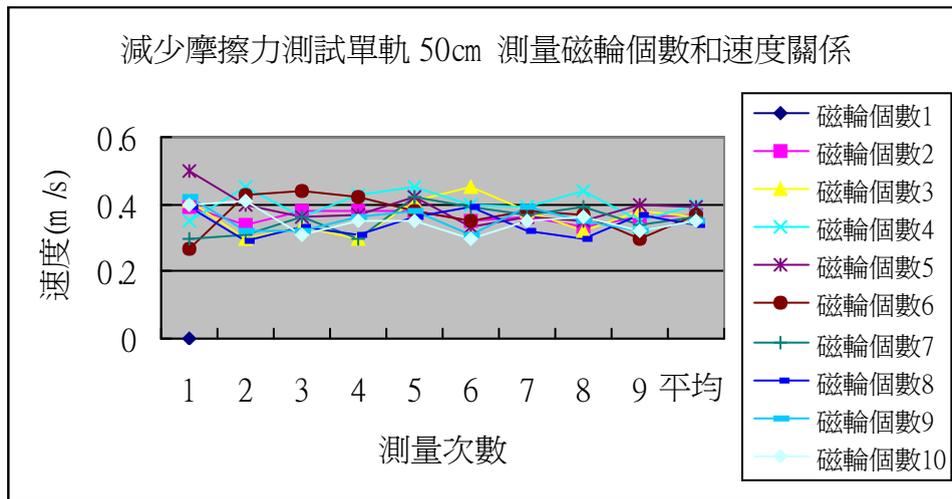


圖5-4 減少摩擦力測試單軌50cm測量磁輪個數（中磁輪）和速度關係

(三) 大磁輪：

磁輪個數對速度影響不大（參見圖5-5）。

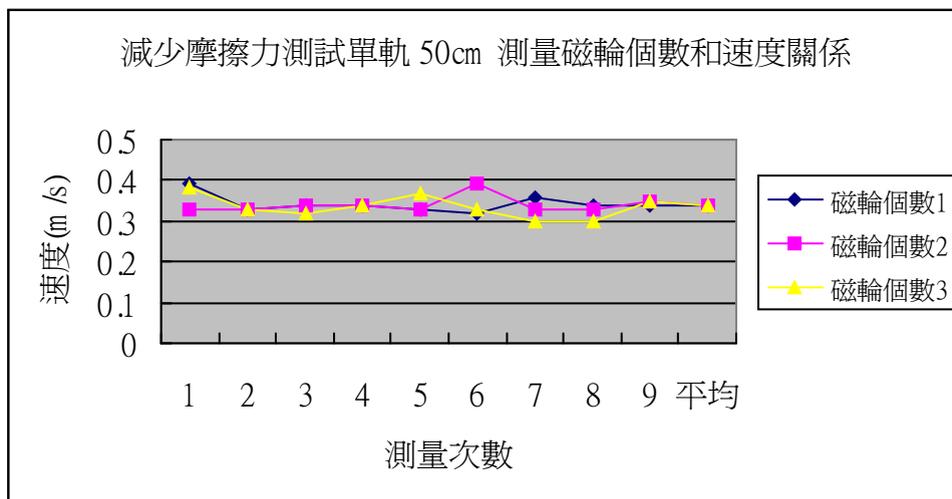


圖5-5 減少摩擦力測試單軌50cm測量磁輪個數（大磁輪）和速度關係

四、減少摩擦力測試雙軌之磁輪個數對速度之影響

(一) 小磁輪：

在減少摩擦力（雙軌）實驗中（參見圖5-6），不僅增加了速度也增加了穩定性。實驗數據顯示3顆磁輪時速度最快，有可能重力影響了速度。

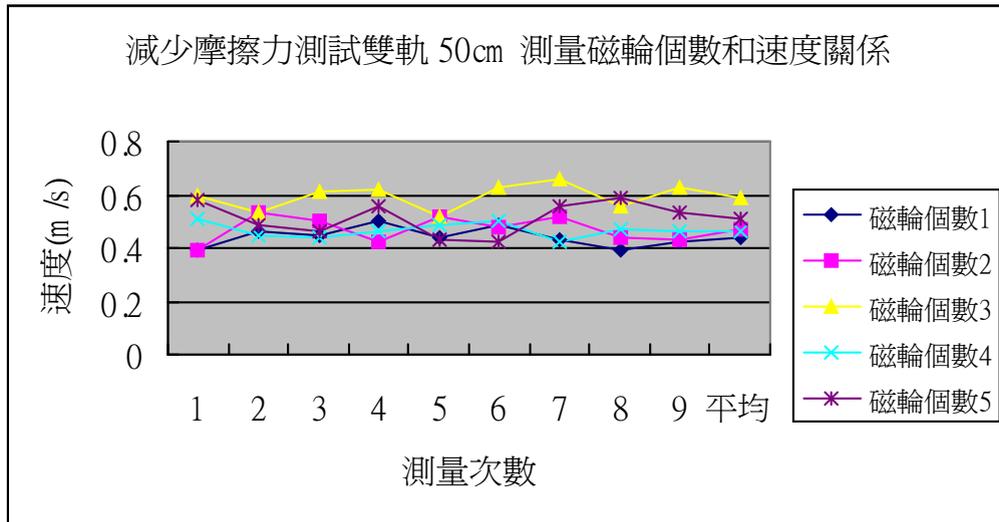


圖5-6 減少摩擦力測試雙軌50cm測量磁輪個數（小磁輪）和速度關係

(二) 中磁輪：

2 顆磁輪速度比單顆磁輪快一些（參見圖5-7）。

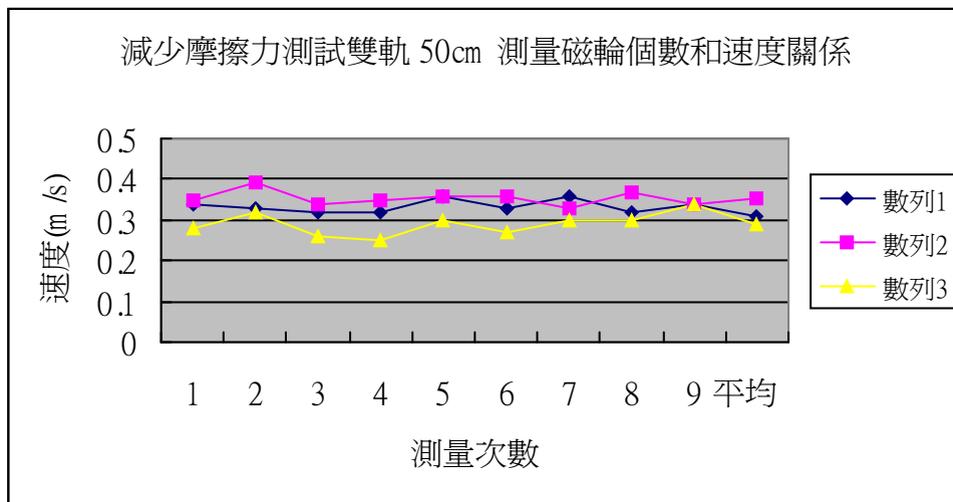


圖5-7 減少摩擦力測試雙軌50cm測量磁輪個數（中磁輪）和速度關係

(三) 大磁輪：

2 顆磁輪速度比單顆磁輪快一些（參見圖5-8）。

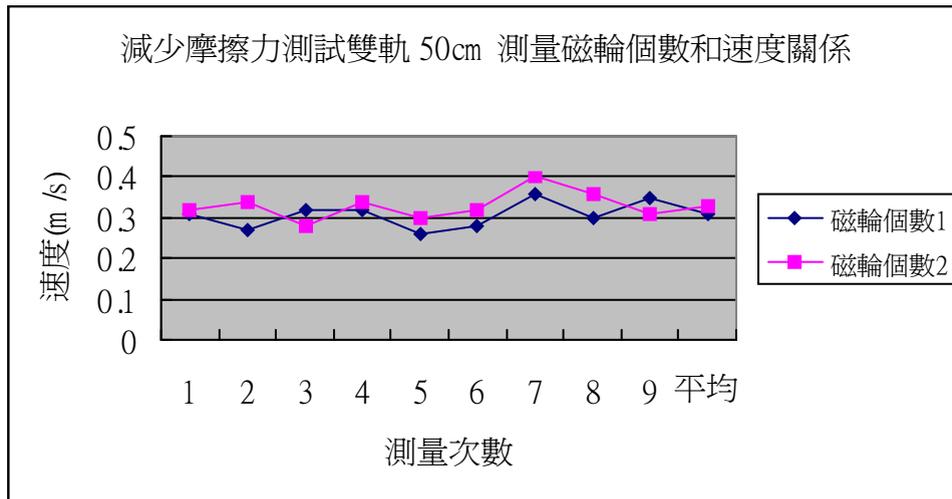


圖5-8 加速器測試單軌50cm單顆磁輪其加裝磁鐵個數（大磁輪）和速度關係

五、加速器測試單軌之磁鐵個數對速度之影響

安裝加速器後，利用強力磁鐵對磁輪的斥力關係，追求極限速度，實驗結果顯示（參見圖5-9），在 4 片磁鐵時，速度最快，超過 4 片速度減慢，有可能是當磁鐵對磁輪斥力增強時，磁鐵間的吸引力也相對增強，造成干擾現象。

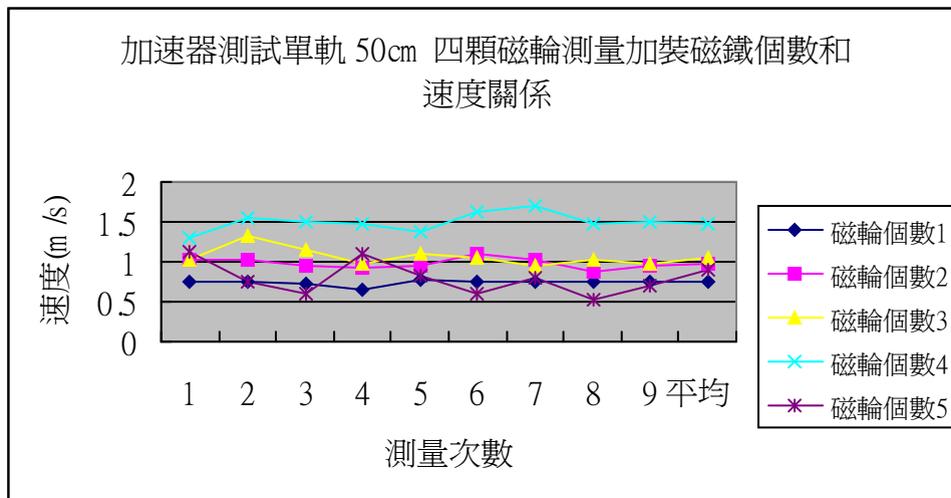


圖5-9 加速器測試單軌50cm四顆磁輪測量加裝磁鐵個數和速度關係

六、加速器測試雙軌之磁鐵個數對速度之影響

在雙軌實驗中（參見圖5-10），強力磁鐵越多，速度越快，因為磁鐵之間的距離拉大，所以在單軌實驗中的干擾現象也減弱了。

根據試驗設計的研究結果發現，在單軌中單顆磁輪極不穩定無法測量。在軌道上加裝玻璃板，試圖減少摩擦力的影響，結果單軌安裝玻璃板後的速度幾乎是未安裝玻璃板的2倍。3顆磁輪和4顆磁輪速度是較快的。反觀雙軌其磁輪個數對速度影響不大。

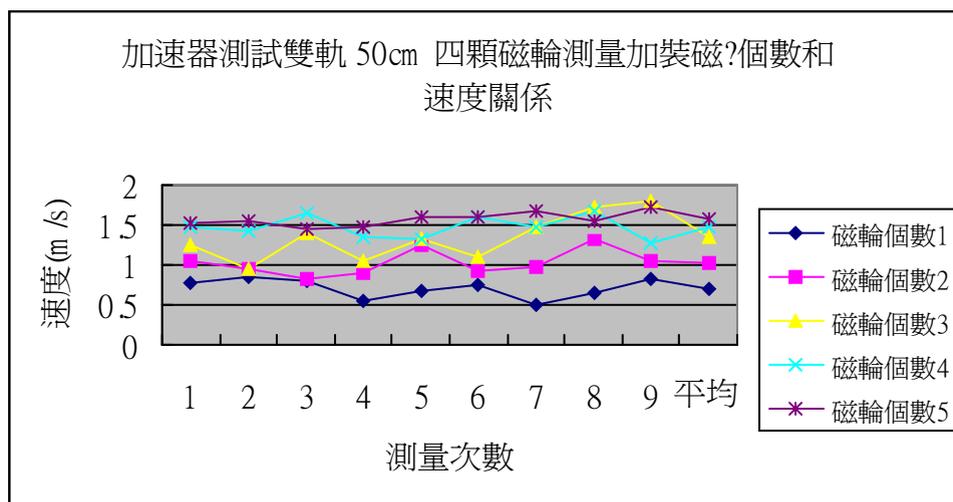


圖5-10 加速器測試雙軌50cm四顆磁輪測量加裝磁鐵個數和速度關係

七、爬坡測試單軌之磁鐵個數和斜坡高度之關係

坡度越高，磁輪越難通過考驗，增加磁鐵個數，也無法讓磁輪通過，坡度對磁輪的穩定性有很大的影響（參見表5-1）。

表5-1 爬坡測試單軌 50cm 測量加裝磁鐵個數和坡度關係

【○代表通過；X代表未通過】

磁鐵個數 \ 斜坡高度	1	2	3	4	5	6
0.5cm	X	X	X	X	X	○
1cm	X	X	X	X	X	X
1.5cm	X	X	X	X	X	X
2cm	X	X	X	X	X	X

八、瞭解爬坡測試雙軌之磁鐵個數和斜坡高度之關係。

雙軌要通過坡度考驗時，因有磁鐵吸力和斥力的交互作用，測試的結果比較容易通過考驗。但當斜坡高度超過1cm時，仍無法順利爬坡（參見表5-2）。

表5-2 爬坡測試雙軌 50cm 測量加裝磁鐵個數和坡度關係

【○代表通過；X代表未通過】

磁鐵個數 \ 斜坡高度	1	2	3	4	5	6
0.5cm	X	X	○	○	○	○
1cm	X	X	X	X	○	○
1.5cm	X	X	X	X	X	X
2cm	X	X	X	X	X	X

九、照度對太陽能磁浮小火車行進速度之影響

在歷經500次的實驗測量之後，從實驗結果（圖5-11、圖5-12）可以發現，改變光線照度會影響小火車行進的速度。

能驅動太陽能磁浮小火車的最小照度為12600Lux，照度在12600Lux到24000Lux之間時，太陽能磁浮小火車行進的速度會隨著照度增加而加快。照度高於25000Lux時，小火車行進的速度並無顯著的增加，且行進速度較不穩定。

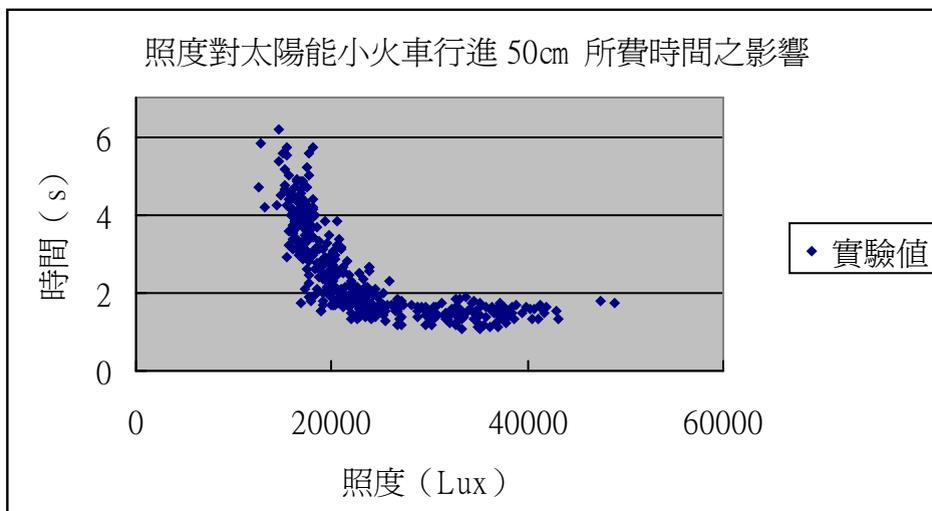


圖5-11 照度對太陽能磁浮小火車行進50cm所費時間之影響

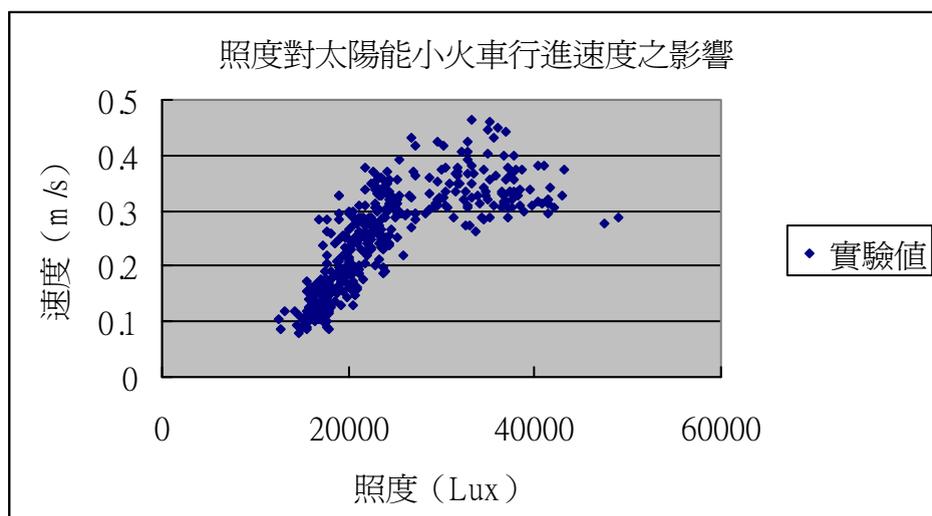


圖5-12 照度對太陽能磁浮小火車行進速度之影響

陸、討論

- 一、大磁輪穩定性較高，速度不如預期理想，如果在磁軌兩側加上強力磁鐵，速度會更快更穩。

- 二、使用強力磁鐵加速器，利用同極相斥的原理推動滾輪的試驗中發現，當斥力越強，磁輪滾動速度越快；當我們將磁鐵軌道移開，讓磁輪在光滑的桌面上滾動，速度遠比在鋪設的磁軌上運動還快，可是穩定性就變弱了。
- 三、強力磁鐵加速器，如果斥力過強反而會造成穩定性降低，磁輪速度變慢甚至無法滾動。
- 四、在實驗的過程中發現磁力並不是一個很穩定的力量，我們很難掌握斥力與吸力之間的交互作用的大小。
- 五、磁輪可以在軌道上滾動最主要是利用磁鐵間的吸力和斥力，當棒型磁軌同極排列時，斥力最強的地方在兩個端點，這時我們再加裝上磁輪，也是利用磁輪的兩個圓形面磁力最強。
- 六、利用 NN 相斥及 SS 相斥的互斥力推動磁輪前進，另一方面磁鐵棒的中心和磁輪的接觸面均是磁力最弱的地方，所以只要利用磁鐵的同名極相斥、異名極相吸斥的交互作用，磁輪便會不停的滾動下去的。
- 七、當磁輪到達末端時又會因為吸力而向後翻滾回來。在過程中，如果要使速度增快，穩定性必會降低。
- 八、從維基百科的資料和實際測量結果中，我們發現在全日光（陽光未直接照射）的情況下，照度約為10,000–25,000 Lux，在這樣的照度下，欲使小火車動起來，需達到「基本照度」12,600 Lux，之後，行進的速度會隨著照度增加而加快。而在天氣晴朗陽光直射時，照度則可以達到32,000–130,000 Lux。
- 九、從實驗結果也發現，在照度超過25,000 Lux後，小火車行進的速度並無顯著的增加，研判可能是太陽能電池所輸出的功率是有限的，才導致這樣的結果。在照度超過25,000 Lux後，小火車行進的速度也較不穩定，推測可能是強光的溫度太高會影響太陽能電池的效率。

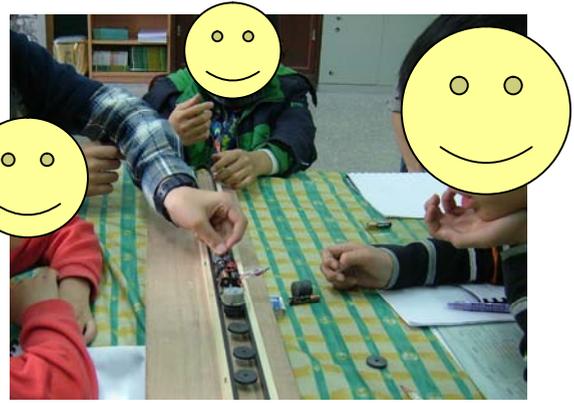
柒、結論與心得

- 一、在設計的過程中我們遇到很多困難，尤其是自行DIY磁浮小火車的設計時，雖然我們可以做出能讓小火車磁吸的軌道，但卻始終無法克服小火車的重量問題。當車子太重時，無論多大的電能動力，均無法使小火車前進。經歷不斷努力不懈的更換材料設備，在設法減輕小火車重量的過程中，我們不斷改良我們的小火車，也認識了更多新的知識。
- 二、為了減輕小火車的重量，我們採用較短的電路設計。在以電池為動力的實驗設計中，因為設有動力開關，在實驗操作過程中，常因為不小心而使電線斷路，必須不斷的進行焊接。過程雖然辛苦，但我們學會了如何細心的操作每一個步驟，也對科學研究產生了更大的興趣。
- 三、當初覺得磁輪在磁軌上運動是利用相吸或相斥的原理，所以我們想到利用指北針來判定，結果發現磁輪兩邊的磁極和磁軌兩端的磁極是相異的，所以磁輪可以在磁軌上滾動；另一方面，發現如果磁輪不是從軌道的一端開始，而是從中間放置，磁輪是不會滾動的。

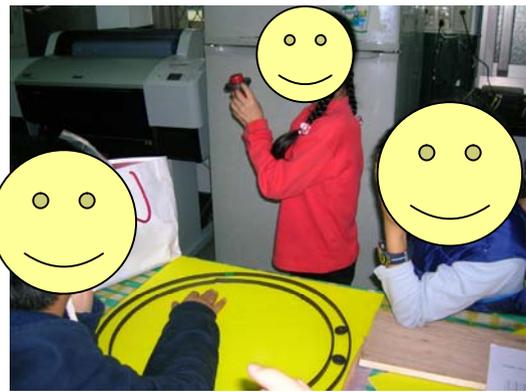
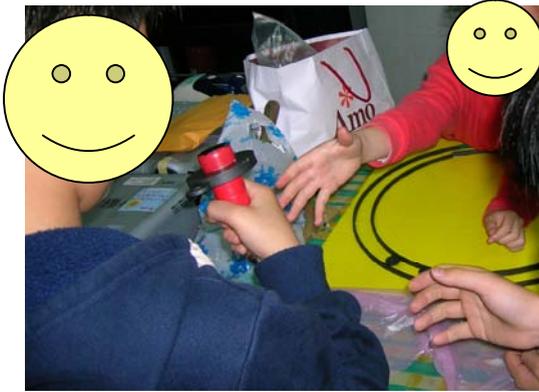
- 四、隨著相同實驗不斷的重覆操作，我們發現磁輪的磁力會因為和軌道不斷的摩擦而減弱。因此，在一個階段的實驗結束後，我們會利用數個大小相同的磁鐵吸附在磁輪上，以維持磁輪的磁力。
- 五、磁軌兩端較強的吸力會將磁輪往前拉，可是當這股交互效應的力量消失或減弱，磁輪便會再往另一端滾動或停止。
- 六、當磁軌不斷的排列下去，若磁力不夠強時，磁輪依然會停止。利用磁極互斥原理，使得兩兩磁鐵可互相推動對方於軌道上運行。而磁浮列車藉由太陽能電池轉動馬達和磁鐵，與軌道內的磁條交互作用，使得列車能不間斷的順利在磁軌上運行。
- 七、我們設計的太陽能磁浮小火車，在光照下可以在圓形磁鐵軌道上快速奔馳，不需消耗任何電力。
- 八、太陽能磁浮列車它是飄浮在長條磁鐵上，並沒有與軌道有實際接觸，如此可消除傳統火車鐵輪滾動的摩擦力，並可以用磁力來驅動，如同線性電動馬達一般。雖然我們的太陽能磁浮小火車並不是真的浮在磁軌上，但在研究磁浮列車的過程中，我們不斷的修正材料及實驗方法...。很感謝一起努力的伙伴及指導老師，讓我們自行DIY，成就了這份作品。
- 九、在觀測照度對太陽能磁浮小火車行進速度的影響時，許多變項的控制都需要全體伙伴齊心合力才能達成，缺一不可，這更讓我們深刻體會「團結力量大」。我們發現太陽能電池所輸出的功率是有限的，而強光的溫度太高會影響太陽能電池的效率。這個發現，可以成為我們後續深入研究探討的方向。

捌、參考資料及其他

- 一、中華太陽能聯誼會（無日期）。認識太陽能電池。檢索於2009/9/28，
<http://www.solar-i.com/know.html>
- 二、牛頓出版公司童書部（2002）。小牛頓科學館-19電、磁浮列車。臺北市：牛頓出版公司。
- 三、金克杰、鄭紹委等（2002）。電磁列車新幹線。中華民國第43屆中小學科展作品說明書。
- 四、鄭經叟、林雨韻等（2003）。打造一個有趣的磁力樂園。中華民國第44屆中小學科展作品說明書。
- 五、賴汶渝、黃薇等（2001）。磁浮列車飛得快。中華民國第42屆中小學科展作品說明書。
- 六、Wikipedia（無日期）。Lux。檢索於2009/10/30，<http://en.wikipedia.org/wiki/Lux>
- 七、實驗活動照片



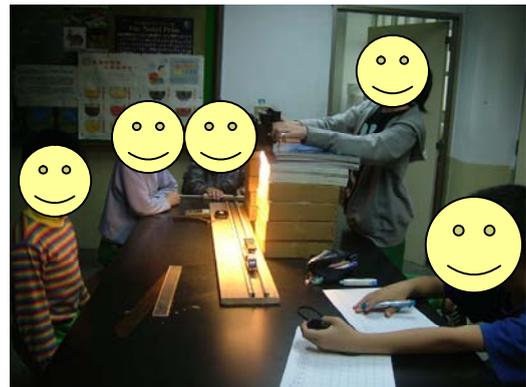
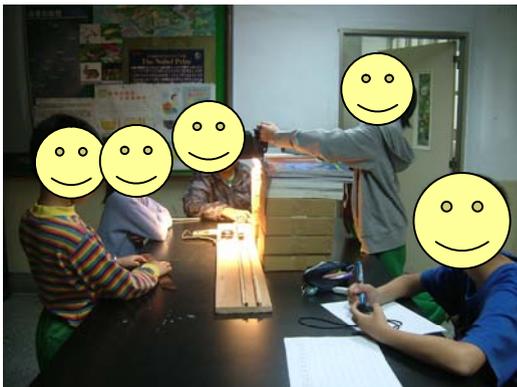
↑ 磁浮小火車真好玩 ↑



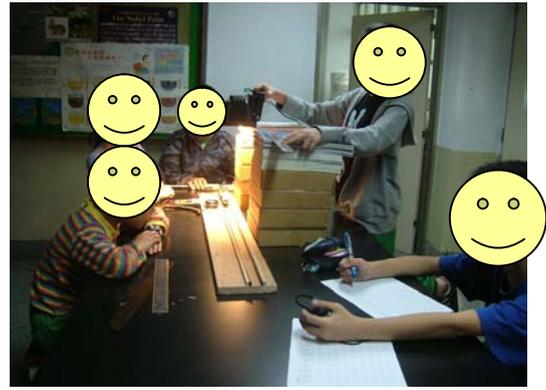
↑ 強力磁鐵吸力強真好玩 ↑



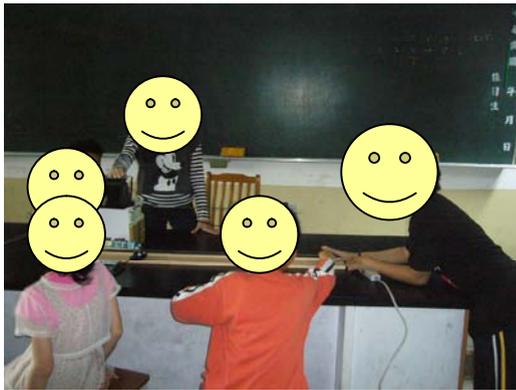
↑ 照度測試 ↑



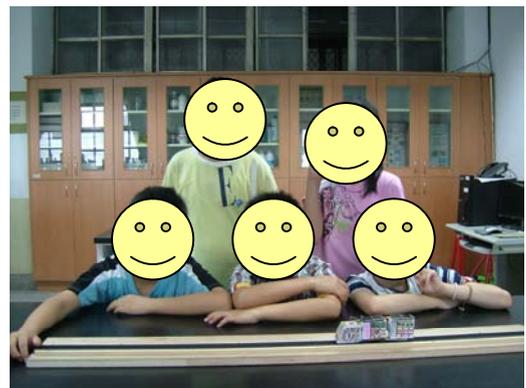
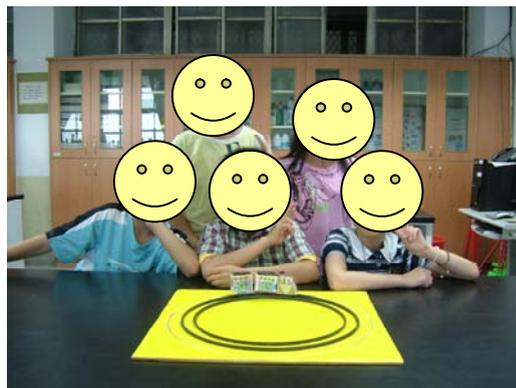
↑ 照度試驗開始 ↑



↑ 照度試驗愈來愈上手囉 ↑



↑ 每次團聚做實驗是我們最快樂的時光 ↑



↑ 瞧我們笑得多開心 ↑

【評語】 080117

- 1.表達能力佳。
- 2.實驗器材設計適切，原理討論宜加強。
- 3.構思良好，建議增加實際現場實驗的可能性。
- 4.科展應注意系統化設計。