

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

第三名

080803

風「磁」電掣~自製 Q 版磁浮小火車

學校名稱：臺北市松山區西松國民小學

| | |
|---|--------------|
| 作者： 小四 段柏均 小四 羅宥翔 小四 陳柏翰 小四 王 謙 | 指導老師： 葉思弘 |
|---|--------------|

關鍵詞：磁浮、長方形磁鐵、風扇

摘要

玩磁鐵時，對於同極相斥、異極相吸的現象感到有趣，因此想要自製磁浮小火車。製作的方法為：將長方形磁鐵緊密黏貼製作磁軌道和車體底部磁鐵，軌道底板為薄木板，兩側牆壁要以厚木板固定，使牆壁平行並與底板垂直，車體上黏貼馬達風扇和電池盒，用水平儀調整車體平衡，讓小火車平穩懸浮，再打開風扇推動前進。

進一步探討使小火車速度更快，實驗結果發現：車體一側緊靠牆壁，另一側與牆壁の間隙以 0.5~1.0mm 的寬度能讓小火車快速前進；壓克力板車體的前進速度最快；牆壁材質以壓克力板最好；轉速 6000-8000RPM 的馬達配合葉片長 4.0cm 的塑膠風扇推動力最佳；長條磁鐵做磁軌道時，疊成三層時車速較快。

除了用風扇外，還可用重力或磁力使小火車前進，就是好玩的磁浮小火車了。

壹、研究動機

在三年級上學期的自然第二單元老師讓我們玩磁鐵玩具，我們發現有時候兩個磁鐵互相靠近時會自動翻轉(或移動)吸在一起，有時候將兩極靠近會互相排斥，需要用力才能接近。今年四年級上學期自然第四單元講到交通工具與能源，我們在電視上看到介紹磁浮火車的影片，發現運用磁鐵間相互排斥的原理，可以減少輪子和軌道之間的摩擦力讓火車飄在空中很快的往前進。

磁鐵真是好玩又有趣，竟然還可以做成磁浮火車，因此，我們想試試看自己是否能利用簡單的工具和材料，透過圓形磁鐵或長方形磁鐵的黏貼，加上動力來源---馬達風扇的推動，希望能做出一輛跑得快的磁浮小火車。

★教材關連性：康軒版三上 第二單元 神奇磁力

康軒版四上 第四單元 交通工具與能源

康軒版四下 第四單元 奇妙的電路

貳、研究目的

一、探討磁浮小火車的製作方法及車速的測量方法

- (一) 探討製作磁軌道和車體底部磁鐵的黏貼方式
- (二) 探討軌道兩側牆壁的固定方法
- (三) 探討製作小火車車體的方法
- (四) 探討調整車體平衡的方法
- (五) 探討操作小火車前進及車速的測量方法

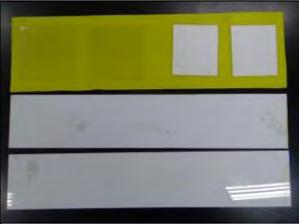
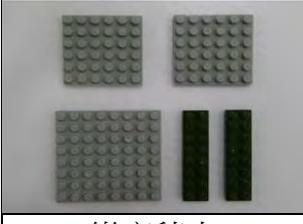
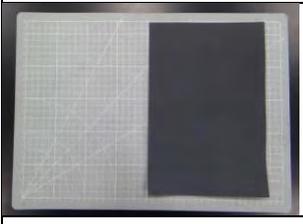
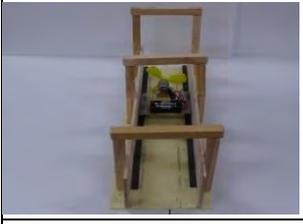
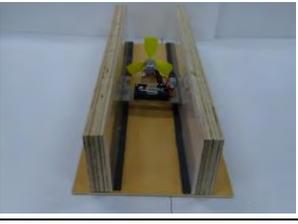
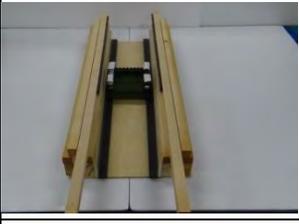
二、探討影響磁浮小火車前進速度的因素

- (一) 探討車體和牆壁間隙是否影響小火車前進的速度
- (二) 探討車體材質是否影響小火車前進的速度
- (三) 探討牆壁材質是否影響小火車前進的速度
- (四) 探討不同的風扇是否有足夠的推動力讓小火車前進
- (五) 探討小火車在長方形磁鐵軌道和長條磁鐵軌道上前進的速度
- (六) 探討長條磁鐵軌道的厚度是否影響小火車前進的速度

三、探討利用其他動力推動磁浮小火車

- (一) 利用重力使小火車前進
- (二) 利用磁力推動使小火車前進

參、研究設備及器材

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| 各式磁鐵 | 塑膠瓦楞板 | 木板 木條 | 珍珠板 壓克力板 |
|  |  |  |  |
| 樂高積木 | 電池盒 馬達 風扇 | 迴紋針 砝碼 | 塑膠尺 捲尺 鋸子 |
|  |  |  |  |
| 切割墊 砂紙 | 熱熔槍 保麗龍膠 白膠 美工刀 剪刀 | 水平儀 碼表 | 電子秤 HD 攝影機 |
|  |  |  |  |
| 第一代磁浮小火車 (風力) | 第二代磁浮小火車 (風力) | 重力磁浮小火車 | 前吸後推式 磁浮小火車 |
| 圖 1 實驗設備及器材 | | | |

肆、研究過程或方法

一、文獻查考

- (一) **磁浮列車**是一種靠磁浮力（即磁的吸力和排斥力）來推動的列車。由於其軌道的磁力使之懸浮在空中，行進時不需接觸地面，因此其阻力只有空氣的阻力（維基百科，民 105）。
- (二) 磁浮列車是利用磁力相吸或互斥的原理（如圖 2），使列車車身不需藉助車輪而能離開地面，而磁力的產生方式有三種：（一）永久磁鐵（二）電磁鐵（三）超導體電磁鐵(superconducting magnets)。（張有恆、張贊育，民 74）。

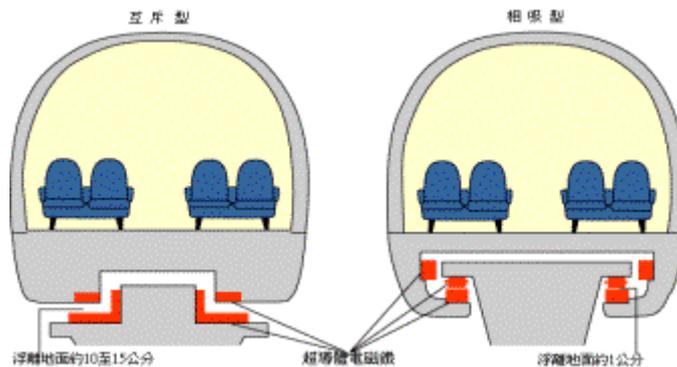


圖 2 互斥型及相吸型的磁浮原理
資料來源：How Maglev Vehicles Float, 1999

- (三) 有了磁力所產生的懸浮力，再配合線性馬達(linear motor, 如圖 3)作為推進動力，當電流流經地面的推動線圈時，會產生一個磁場，於是車輛會在地表上的線圈和超導體電磁鐵的異極間產生一股吸力；而另一面則有同極所產生的排斥力，**藉著前吸後推的動作**即可使磁浮列車前進（如圖 4）。

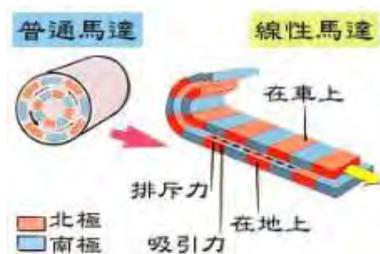


圖 3 線性馬達與普通馬達
資料來源：陳一銘，民 89

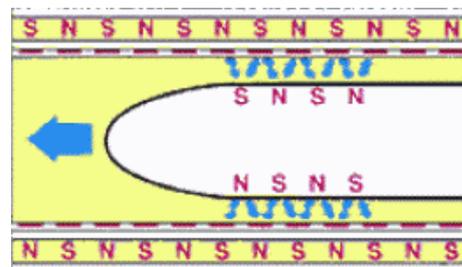


圖 4 磁力前吸後推的動作
資料來源：陳一銘，民 89

二、尋找資源與材料

我們在閱讀許多關於磁浮列車的資料和影片後，考慮周圍現有的資源，決定利用下列材料來製作磁浮小火車，並設計實驗，希望找出最好的材料，讓小火車跑得快。

- (一) 磁軌道部分：以長方形磁鐵、大圓形磁鐵（皆為永久磁鐵）製作。
- (二) 車體底部磁鐵部分：以長方形磁鐵、大圓形磁鐵、小圓形磁鐵、強力圓形磁鐵（皆為永久磁鐵）製作。
- (三) 車體部分：主要車體造型為長方形，以塑膠瓦楞板、薄木板、珍珠板、樂高積木、壓克力板等材料製作。
- (四) 軌道兩側牆壁部分：以塑膠瓦楞板、薄木板、大塑膠尺、壓克力板等材料製作，用木條或厚木板輔助固定。
- (五) 動力來源部分：以馬達風扇（轉速 6000-8000RPM、轉速 4000RPM）和電池盒（1.5 伏特 4 號鹼性電池 2 顆）代替線性馬達，作為小火車的動力來源，再嘗試其他動力來源，如重力或前吸後推式（磁鐵同極相吸、異極相斥）使小火車前進。

三、測量磁鐵磁力

為了瞭解各種磁鐵的大小(如圖 5)和磁力強弱，我們用最簡易的兩種方法(如圖 6)來測量，每一種磁鐵都測試五次後計算平均值，如表 1。

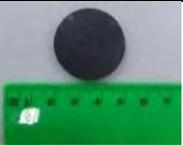
| 磁鐵種類 | 長方形磁鐵 | 大圓形磁鐵 | 小圓形磁鐵 | 強力圓形磁鐵 |
|------|---|---|--|---|
| 大小 | 長 4.0 cm 寬 1.0 cm 厚 3.5mm | 直徑 3.0 cm 厚 3.5 mm | 直徑 1.9cm 厚 2mm | 直徑 0.7cm 厚 1.5 mm |
| 圖示 |  |  |  |  |

圖 5 各種磁鐵



表 1 各種磁鐵的磁力

| 數量 (個) | 方法 | 第一種測試方法: 將磁鐵靠近迴紋針， 計算吸起迴紋針的數量 | | | | | 第二種測試方法: 將迴紋針一個接一個吸， 計算吸住迴紋針的數量 | | | | | | |
|--------|----|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| | | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
| 長方形磁鐵 | | 115 | 107 | 120 | 107 | 110 | 112 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 大圓形磁鐵 | | 141 | 145 | 149 | 148 | 143 | 145 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 小圓形磁鐵 | | 38 | 39 | 41 | 33 | 35 | 37 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 強力圓形磁鐵 | | 37 | 48 | 32 | 34 | 42 | 37 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

研究一、探討磁浮小火車的製作方法及車速的測量方法

(一) 探討製作磁軌道和車體底部磁鐵的黏貼方式

瞭解小火車懸浮的原理--利用磁鐵同極相斥和軌道兩側的牆壁讓小火車懸浮起來。為了要讓小火車懸浮在空中，就必須要將磁鐵黏成兩條軌道，向上那一面的極性要一樣（若設定為 N 極朝上），小火車底部兩側也要黏磁鐵（必須為 N 極朝下），面向軌道那一面和軌道互相排斥，軌道兩側必須要有牆壁，如此小火車才能在空中懸浮。那麼，不同形狀的磁鐵做成的磁軌道和車體底部磁鐵，是否可以讓小火車平穩的懸浮在空中呢？

1. 實驗步驟：

- (1) 先選用大圓形和長方形磁鐵各 22 個，排列呈長條形，再利用熱熔膠黏貼於底板（塑膠瓦楞板）上，形成兩條平行的磁軌道，分別黏貼成間隙 1.0cm、間隙 0.5cm 和緊密黏貼，磁軌道兩側牆壁用長 45.0cm、寬 8.0cm 的塑膠瓦楞板製作，如圖 7。
- (2) 用薄木板裁成長 9.5cm、寬 8.0cm 的大小當作車體，以長方形磁鐵、大圓形磁鐵、小圓形磁鐵、強力圓形磁鐵各 4 個，分別黏貼在車底兩側（注意磁鐵不可以超出車體，若有多餘殘膠必須刮除），如圖 8。
- (3) 分別將車體放置於軌道上，測試是否可以懸浮，觀察並記錄結果，如表 2。

| 磁鐵種類 | 排列有間隙 1.0cm | 排列有間隙 0.5cm | 緊密黏貼 |
|-------|-------------|-------------|------|
| 大圓形磁鐵 | | | |
| 長方形磁鐵 | | | |

圖 7 磁軌道的磁鐵種類

| 磁鐵種類 | 大圓形磁鐵 | 小圓形磁鐵 | 強力圓形磁鐵 | 長方形磁鐵 |
|------|-------|-------|--------|-------|
| 圖示 | | | | |

圖 8 車體底部磁鐵的種類

2. 實驗結果

表 2 車體懸浮情形

| 結果 磁軌道 | | 車底磁鐵 | | | |
|-----------|----------|-------|-------|--------|-------|
| | | 大圓形磁鐵 | 小圓形磁鐵 | 強力圓形磁鐵 | 長方形磁鐵 |
| 大圓形磁鐵 | 間隙 1.0cm | × | × | × | × |
| | 間隙 0.5cm | × | × | × | × |
| | 緊密黏貼 | × | × | × | × |
| 長方形磁鐵 | 間隙 1.0cm | × | × | × | △ |
| | 間隙 0.5cm | × | × | × | △ |
| | 緊密黏貼 | × | △ | × | ○ |

附註：○表示平穩懸浮 △表示可懸浮但無法平穩 ×表示無法懸浮

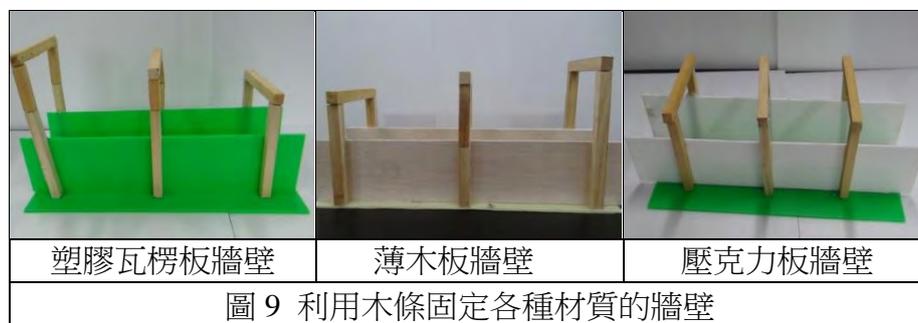
結論：由表 2 可知，磁軌道要用長方形磁鐵緊密黏貼的方式，車體底部磁鐵也要用長方形磁鐵緊密黏貼的方式，才可使車體平穩懸浮。

(二) 探討軌道兩側牆壁的固定方法

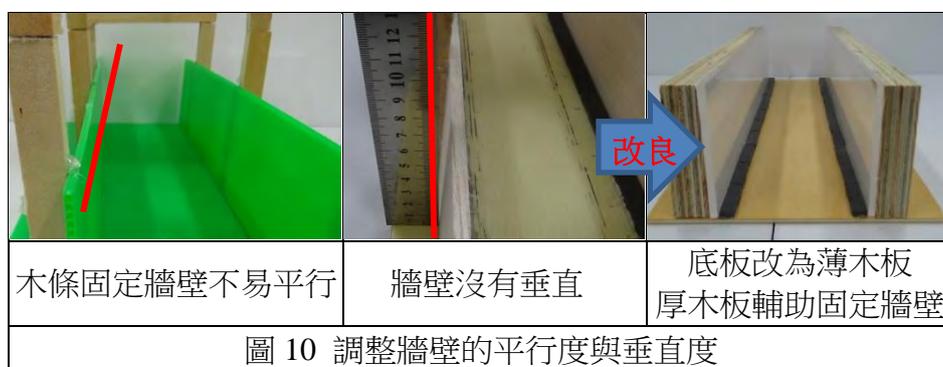
1. 製作軌道兩側牆壁的步驟：

(1) 先選用塑膠瓦楞板，裁成長 45.0cm、寬 20.0cm 的大小當作磁軌道底板。

- (2) 再將塑膠瓦楞板、薄木板、壓克力板等材料裁成長 45.0cm、寬 8.0cm 作為牆壁，利用熱熔膠黏貼於磁軌道兩側，形成兩條平行的牆壁。
- (3) 牆壁外圍分別黏貼木條固定，如圖 9。



2. 固定軌道兩側牆壁並調整牆壁的平行度與垂直度的時候，我們遇到下列問題：
- (1) 塑膠瓦楞板做成的底板不是很硬，會使牆壁不穩固。
 - (2) 牆壁不容易固定，兩邊如果沒有平行，稍有一點歪斜或彎曲就會讓車子卡住。
 - (3) 用木條固定不容易使牆壁垂直，車子與牆壁的間隙會影響火車前進速度。
3. 為了讓牆壁平行而且垂直於底板，將塑膠瓦楞板的底板改成 0.4cm 厚的薄木板，並改用 2.0cm 厚的厚木板輔助固定牆壁，牆壁就可以變得又平又直，如圖 10。



結論：磁軌道的底板要用薄木板，軌道兩側牆壁要用厚木板輔助固定，牆壁才能保持平行並與底板垂直。

(三) 探討製作小火車車體的方法

小火車車體的製作步驟：

1. 以樂高積木組合成長 9.5cm、寬 8.0cm 的車體，並將塑膠瓦楞板、薄木板、珍珠板、壓克力板裁成和樂高積木大小相同的車體。（配合軌道寬度，以 9.5cm 為車體左右寬度；配合黏貼底部兩側磁鐵長度，以 8.0cm 為車體前後長度）

2. 在車體的底部兩側各緊密黏貼 2 個長方形磁鐵，使得小火車懸浮在磁軌道上。
3. 將馬達風扇（轉速 6000-8000RPM）黏在車體後方中央，電池盒（4 號電池 2 顆）橫向黏貼在車體前方中央，並利用水平儀調整車體平衡。完成車體如圖 11。

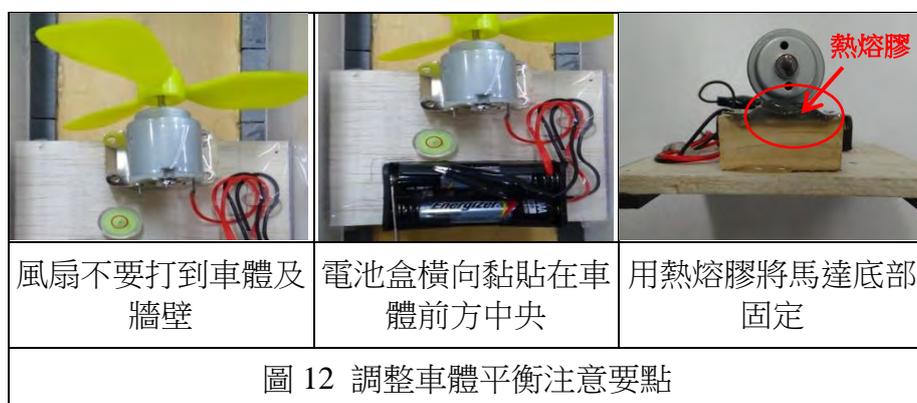


結論：車體可以用常見的樂高積木、塑膠瓦楞板、薄木板、珍珠板、壓克力板等材料製作，將馬達風扇和電池盒黏在車體上，利用水平儀調整車體平衡。

（四）探討調整車體平衡的方法

調整車體平衡時的注意要點：

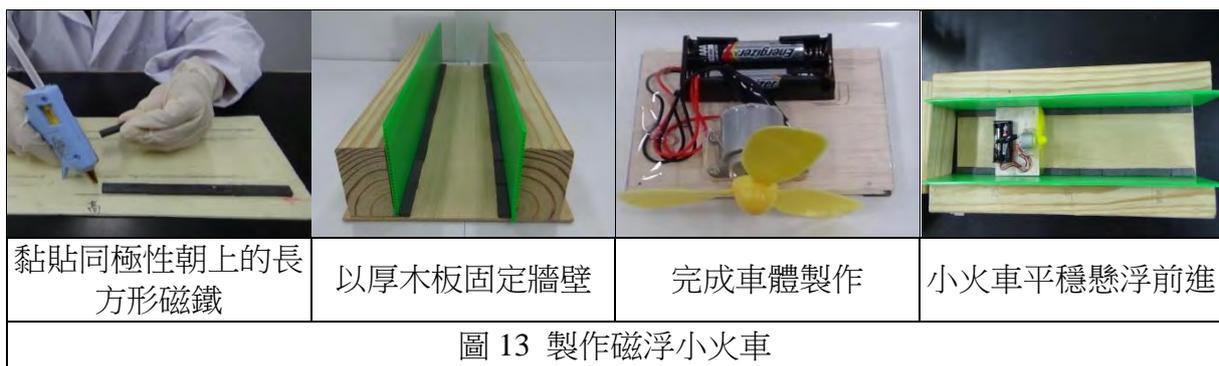
1. 安裝馬達、風扇和電池盒時，要讓小火車保持前後、左右平衡。
 - (1) 小火車上裝有馬達和電池盒，馬達套上風扇向後吹，馬達在車體後方中央處，要留意風扇不要打到車體及牆壁。
 - (2) 電池盒橫向黏貼在車體前方中央，小火車先靜置懸浮在磁軌道上，用水平儀調整馬達或電池盒的位置，讓小火車保持前後、左右平衡後，再黏貼固定。
2. 當換上黃色塑膠風扇時，小火車會左右擺盪而碰撞牆壁，所以用熱熔膠將馬達底部固定，讓小火車不會因為風扇轉動而造成擺盪。調整車體平衡如圖 12。



結論：調整車體平衡時，注意風扇不可打到小火車及牆壁；黏貼馬達及電池盒時，用水平儀調整馬達或電池盒的位置，讓小火車平衡後，再黏貼固定。

由以上（一）~（四）可得結論：自製磁浮小火車的方法及步驟

- (1) 將 0.4cm 厚的薄木板裁成長 45.0cm、寬 20.0cm 的大小當作磁軌道底板。
- (2) 準備 22 個長方形磁鐵（4.0cm×1.0 cm×0.4 cm），依照磁鐵的極性，將磁鐵同極性朝上，用熱熔膠緊密的貼在底板上(長的一端緊緊的黏在一起)，黏成長 45.0cm 的磁軌道，磁軌道寬度設定為 9.5cm，能容納直徑 8.0 cm 的風扇葉片。
- (3) 以厚木板輔助固定磁軌道兩側的牆壁，使牆壁保持平行並與底板垂直。
- (4) 在車體底部兩側各黏貼 2 個長方形磁鐵，車體上方黏貼馬達風扇（轉速 6000-8000RPM）和電池盒（4 號電池 2 顆），用水平儀調整車體平衡，讓小火車懸浮於軌道上方，打開馬達風扇推動前進。磁浮小火車製作過程如圖 13。



（五）探討操作小火車前進及車速的測量方法

1. 把小火車放進磁軌道的一端，將火車上的電池盒開關打開，讓風扇轉動(注意手指不要被打到)，小火車就會前進。
2. 注意風扇大小，是否有足夠的推力讓小火車前進。
3. 觀察小火車前進的狀況是否會左右歪斜碰撞到牆壁而停止前進。
4. 如果小火車前進有搖晃碰撞兩邊牆壁，就要再用水平儀調整電池盒和風扇位置到懸浮平衡，然後再重新操作一次是否順利前進。
5. 測量小火車行進速度的方法：
 - (1) 選擇一平坦實驗桌面，以水平儀測量，調整桌面保持水平，再將軌道平放桌面。

(2) 一人操作小火車開關，另外兩人分別拿碼表，當小火車一開始往前進時按下碼表，抵達終點按下停止（起點至終點的距離為 36.0cm），一人記錄，測量十次後計算平均時間。操作如圖 14。

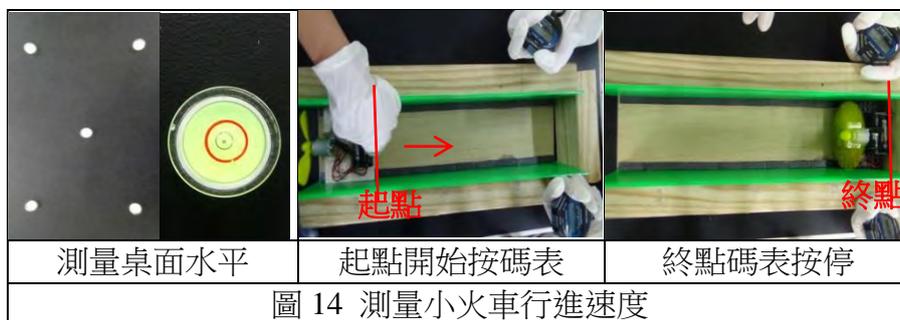


圖 14 測量小火車行進速度

(3) 為了測量出準確的車速，我們用 HD 攝影機錄影，再以電腦軟體 Windows Movie Maker 分析車速，與碼表測得的結果互相參照。操作如圖 15。



圖 15 利用 HD 錄影機和電腦軟體準確測量車速

結論：利用 HD 攝影機錄影和電腦軟體 Windows Movie Maker 分析可準確測量車速。

由研究一的結論，我們可以製作出平穩前進的磁浮小火車，並且知道準確測量車速的方法，接下來繼續探討如何使小火車更快速前進的方法。

研究二、探討影響磁浮小火車前進速度的因素

設計理念一：經過討論之後，我們認為影響小火車前進速度的主要原因可能為牆壁與車體間隙、車體的材質、牆壁的材質、馬達風扇等，所以就從這幾個方向設計實驗做探討。

實驗一、探討車體與牆壁間隙是否影響小火車前進的速度

(一) 小火車前進時，車體一側會緊靠牆壁，另一側和牆壁會有間隙，而且間隙的大小會影響車體的平衡和行進速度，所以接著探討間隙對車子行進速度的影響。

(二) 實驗步驟：

1. 將木板車體一側與軌道兩側牆壁保持緊靠，另一側分別保持 4.0mm、2.0mm、0.5~1.0mm 寬的不同間隙，如圖 16。
2. 觀察記錄車體的懸浮高度及前進情形。

| 間隙 | 4.0mm | 2.0mm | 0.5~1.0mm |
|---------------|---|--|---|
| 圖示 |  |  |  |
| 圖 16 車體與牆壁の間隙 | | | |

實驗二、探討車體材質是否影響小火車前進的速度

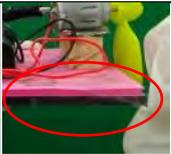
(一) 車體材質的選擇

最初用薄木板做成的車體經測試後，發現前進速度並不快，原因可能是車體重量或車體兩側的摩擦力影響車速，所以想嘗試是否有其他車體材質效果更好。

(二) 實驗二之一：車體兩側摩擦力相同時（都貼膠帶），探討車體不同重量（操縱變因）影響車速的情形

實驗步驟：

1. 將薄木板、壓克力板、珍珠板、塑膠瓦楞板和樂高積木等車體裝上全新電池。
2. 軌道兩側牆壁為塑膠瓦楞板，控制車體一側與牆壁の間隙為 0.5~1.0mm。在車體兩側分別貼上透明膠帶，控制車體兩側與牆壁的接觸面都相同，如圖 17。
3. 觀察各車體在軌道上的懸浮高度，並以碼表測量小火車前進 36.0cm 所花的時間，各測量十次後計算平均值。

| 車體材質種類 | 薄木板 | 塑膠瓦楞板 | 珍珠板 | 壓克力板 | 樂高積木 |
|--------------------|---|---|---|--|---|
| 重量 (gw) | 100.0 | 94.0 | 96.0 | 108.0 | 117.0 |
| 圖示 |  |  |  |  |  |
| 圖 17 各車體兩側分別貼上透明膠帶 | | | | | |

(三) 實驗二之二：車體重量相同時（117.0gw），探討車體兩側摩擦力（操縱變因）影響車速的情形

實驗步驟：

1. 同實驗二之一
2. 步驟 3 改為五種車體兩側不貼膠帶，測量各種車體的重量後，加上砝碼調整，使各車體重量與最重的樂高積木車體（117.0gw）相同，如圖 18。

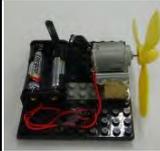
| 車體材質種類 | 薄木板 | 塑膠瓦楞板 | 珍珠板 | 壓克力板 | 樂高積木 |
|------------|--|--|--|---|---|
| 圖示一 原車體 |  |  |  |  |  |
| 圖示二 加砝碼 |  |  |  |  | 各車體重量 皆控制為 117.0gw |

圖 18 不同的車體材質

實驗三、探討牆壁材質是否影響小火車前進的速度

(一) 牆壁材質的選擇

最初選用塑膠瓦楞板做成牆壁，是因為塑膠瓦楞板容易取得，後來我們再嘗試是不是有其他牆壁材質可以讓小火車更快速前進。

(二) 實驗步驟：

1. 選用塑膠瓦楞板、薄木板、大塑膠尺和壓克力板等材料，分別做成長 45.0cm、寬 8.0cm 的牆壁，底板為薄木板，以厚木板固定，如圖 19。
2. 以壓克力板車體做測試，觀察小火車在各種不同牆壁材質時，前進 36.0cm 所花的時間，以碼表各測量十次後計算平均值。

| 牆壁材質 | 塑膠瓦楞板 | 薄木板 | 大塑膠尺 | 壓克力板 |
|------|---|---|--|---|
| 圖示 |  |  |  |  |

圖 19 不同的牆壁材質

實驗四、探討不同的風扇是否有足夠的推動力讓小火車前進

(一) 一開始我們用葉片長度 4.0cm 的黃色塑膠風扇做測試，後來又找葉片長度 2.0cm 的白色塑膠風扇和葉片長度 3.0cm 的泡棉風扇來測試，探討不同的風扇是否可使小火車快速前進。

測試了兩種馬達，一個轉速是 4000RPM，配合三種風扇，雖然可以推動小火車前進，但是速度緩慢；一個轉速是 6000-8000RPM，可以讓小火車快速前進，所以選用轉速較強的馬達。

(二) 實驗四之一：探討不同的風扇影響車速的情形

實驗步驟：

1. 準備三種風扇，分別裝置在壓克力板車體上，如圖 20。
2. 以壓克力板牆壁做測試，觀察小火車使用不同的風扇時，前進 36.0cm 所花的時間，以碼表各測量十次後計算平均值。

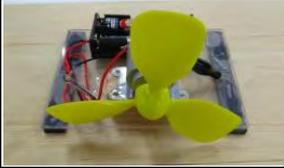
| 風扇種類 | 黃色塑膠風扇 | 白色塑膠風扇 | 泡棉風扇 |
|------|---|--|---|
| 圖示 |  |  |  |

圖 20 不同的風扇

(三) 實驗四之二：控制葉片長度為 2.0cm，探討不同的風扇影響車速的情形

實驗步驟：

1. 準備三種風扇（葉片長度為 2.0cm），分別裝置在壓克力板車體上，如圖 21。
2. 以壓克力板牆壁做測試，觀察小火車使用不同風扇時，前進 36.0cm 所花的時間，以碼表各測量十次後計算平均值。

| 風扇材質 | 葉片 2.0cm 黃風扇 | 葉片 2.0cm 白風扇 | 葉片 2.0cm 泡棉風扇 |
|------|---|--|---|
| 圖示 |  |  |  |

圖 21 不同的風扇（葉片長度皆為 2.0cm）

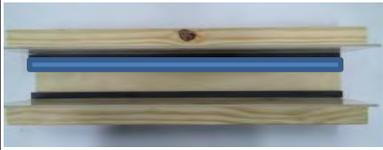
設計理念二：利用長方形磁鐵緊密黏貼的磁軌道效果最好，但是一個一個貼磁鐵太花費時間，若改用長條磁鐵，可節省黏貼時間，車速是否也可以很快。

實驗五、探討小火車在長方形磁鐵軌道和長條磁鐵軌道上前進的速度

(一) 比較小火車在長方形磁鐵和長條磁鐵兩種不同軌道上前進的速度。

(二) 實驗步驟：

1. 準備 22 個長方形磁鐵和三條 30.0cm 長的長條磁鐵，黏貼成 45.0cm 磁軌道，以壓克力板為牆壁，如圖 22。
2. 用壓克力板車體做測試，觀察小火車在兩種磁軌道上的懸浮高度，並以碼表測量小火車前進 36.0cm 所花的時間，各測量十次後計算平均值。

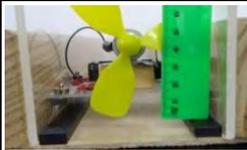
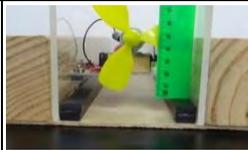
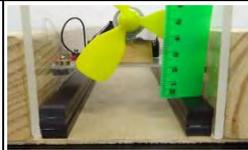
| 磁軌道種類 | 長方形磁鐵 | 長條磁鐵 |
|------------------------|--|---|
| 圖示 |  |  |
| 圖 22 長方形磁鐵軌道與長條磁鐵軌道的比較 | | |

實驗六、探討長條磁鐵軌道的厚度是否影響小火車前進的速度

(一) 從實驗五發現小火車也可以在長條磁鐵軌道上快速前進，但沒有比在長方形磁鐵軌道上的速度快，長條磁鐵磁力比長方形磁鐵稍弱，所以如果將長條磁鐵疊成二層或三層，是否可以增強磁力讓小火車行進速度更快？

(二) 實驗步驟：

1. 用長條磁鐵分別做成一層、二層、三層厚的磁軌道，以壓克力板為牆壁，如圖 23。
2. 用壓克力板車體做測試，觀察小火車在三種磁軌道上的懸浮高度，並以碼表測量小火車前進 36.0cm 所花的時間，各測量十次後計算平均值。

| 磁軌道厚度 | 一層磁鐵 | 二層磁鐵 | 三層磁鐵 |
|---------------|---|--|---|
| 圖示 |  |  |  |
| 圖 23 不同厚度的磁軌道 | | | |

設計理念三：除了使用馬達風扇替代線性馬達外，在不浪費電池的原則下，我們又想到可以用其他動力來源，使小火車前進。

研究三、探討利用其他動力推動磁浮小火車

(一) 利用重力使小火車前進--重力磁浮小火車

實驗步驟：

1. 將磁軌道的一端分別以木條墊高 1.5cm、3.0 cm、4.5 cm、6.0cm，形成斜坡如圖 24，讓小火車因為重力而往下滑動。（小火車重量 96.2gw）
2. 用碼表測量小火車前進 36.0cm 所花的時間，各測量十次後計算平均值。

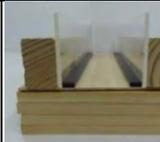
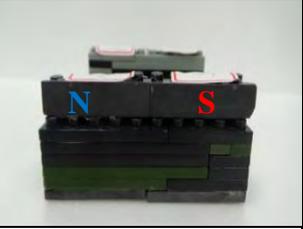
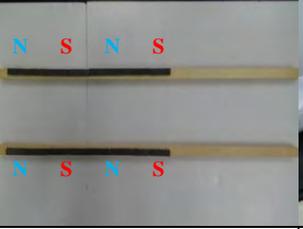
| 墊高高度 | 1.5cm | 3.0cm | 4.5cm | 6.0cm |
|------------|---|---|--|---|
| 圖示一 正面圖 |  |  |  |  |
| 圖示二 側面圖 |  |  |  |  |

圖 24 不同高度的斜坡

(二) 利用磁力推動使小火車前進--前吸後推式磁浮小火車

實驗步驟：

1. 用長條磁鐵製作 45.0cm 磁軌道，牆壁以長 45.0cm、寬 3.0cm 的壓克力板製作。
2. 用樂高積木做成長 9.5cm、寬 8.0cm、高 5.0cm 的凹字型長方形車體，底部兩側黏貼長方形磁鐵，讓車體懸浮於磁軌道上，在車體兩側上半部以 N 極 S 極交錯方式各黏貼 2 個長方形磁鐵（小火車重量 138.5gw）。
3. 再把 16 個長方形磁鐵以 N 極 S 極交錯方式(一邊 8 個)，分別黏貼在兩個木條上。
4. 將木條分別放在牆壁兩側上方，雙手同時拉動木條。裝置及操作如圖 25。
5. 四人分別拉動木條，以碼表測量小火車前進 36.0cm 所花的時間，各測量五次後計算平均值。

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| 磁軌道及 3.0cm 壓克力板牆壁 | 兩側貼 1 個 N 極 1 個 S 極長方形磁鐵 | 兩個木條以 N S 交錯各黏貼 8 個磁鐵 | 雙手同時拉動木條 |
| 圖 25 製作前吸後推式磁浮小火車 | | | |

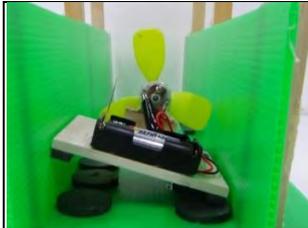
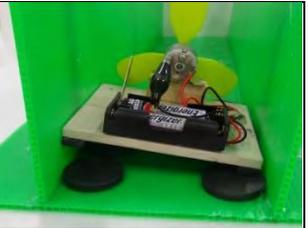
伍、研究結果

研究一、磁浮小火車的製作方法及車速測量的方法

(一) 製作磁軌道和車體底部磁鐵的黏貼方式

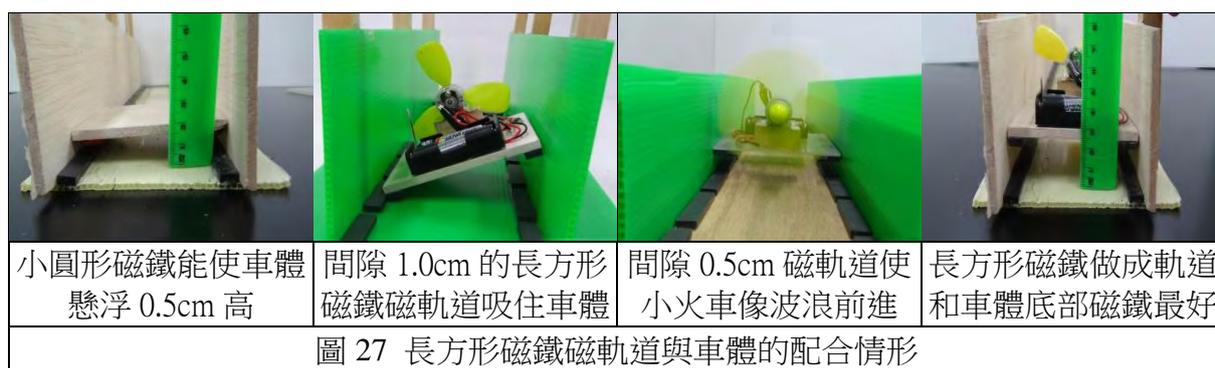
實驗結果：

1. 大圓形磁鐵面積大、磁力強，上下磁極太靠近，所以不管排列有間隙 1.0cm 或 0.5cm，或是緊黏在一起，都會吸住四種車體，無法讓小火車懸浮，如圖 26。

| | | |
|---|---|--|
|  |  |  |
| 間隙 1.0cm 的圓形磁鐵磁軌道會吸住小火車 | 間隙 0.5cm 的圓形磁鐵磁軌道吸住小火車 | 緊黏的圓形磁鐵磁軌道會吸住小火車 |
| 圖 26 大圓形磁鐵磁軌道會吸住車體 | | |

2. 長方形磁鐵磁軌道配合四種車體時，只有下列四種情形可讓車體懸浮：
 - (1) 長方形磁鐵磁軌道緊密黏貼，車體底部磁鐵為小圓形磁鐵時，可以使車體懸浮 0.5cm 高，但懸浮高度過小，車體太接近底板，風扇無法轉動使小火車前進。
 - (2) 長方形磁鐵磁軌道排列為有間隙 1.0cm，車體底部磁鐵為長方形磁鐵時，小火車可以懸浮，但前進時，間隙過大使車體容易被磁軌道吸住。
 - (3) 長方形磁鐵磁軌道排列有間隙 0.5cm，車體底部磁鐵為長方形磁鐵時，小火車經過間隙時會被往下吸，接著又排斥往上，造成像波浪一樣上下震盪。
 - (4) 長方形磁鐵磁軌道緊密黏貼，車體底部磁鐵也為長方形磁鐵時，車體十分平穩，

前進速度最快。長方形磁鐵磁軌道與車體的配合情形如圖 27。



(二) 軌道兩側牆壁的固定方法

實驗結果：磁軌道的底板要用薄木板，軌道兩側牆壁要用厚木板輔助固定，牆壁才能保持平行並與底板垂直。

(三) 製作小火車車體的方法

實驗結果：可以用常見的樂高積木、塑膠瓦楞板、薄木板、珍珠板、壓克力板等材質來製作車體，車體長寬需配合軌道寬度和黏貼底部兩側磁鐵的長度。將馬達風扇和電池盒黏在車上，需用水平儀調整車體平衡。

(四) 調整車體平衡的方法

實驗結果：調整車體平衡時，注意風扇不可打到車體及牆壁；黏貼馬達及電池盒時，用水平儀調整馬達或電池盒的位置，讓車體平衡後，再黏貼固定。

(五) 操作小火車前進及車速的測量方法

實驗結果：除了用碼表測量車速外，也可利用 HD 攝影機錄影後，再以電腦軟體 Windows Movie Maker 分析，可以準確測量車速。

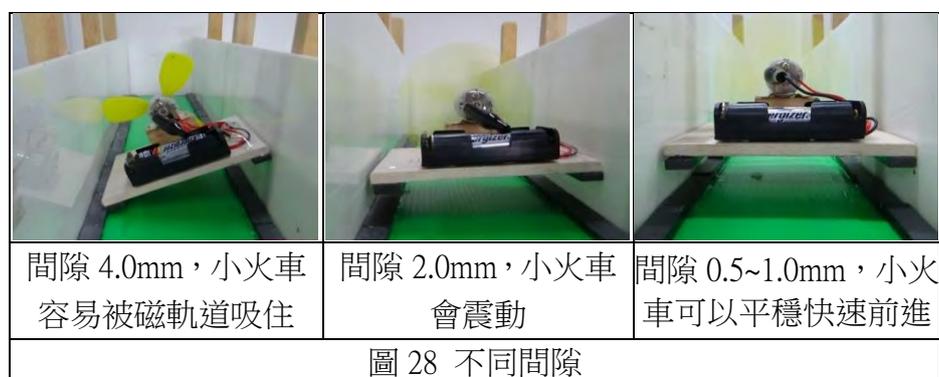
研究二、探討影響磁浮小火車前進速度的因素

實驗一、車體與牆壁間隙是否影響小火車前進的速度，結果如表 3。

表 3 不同間隙的實驗結果

| 間隙大小 | 4.0mm | 2.0mm | 0.5~1.0mm |
|------|----------------|---------------|-----------|
| 懸浮情形 | 車體傾斜較大 | 車體傾斜較小 | 車體保持水平 |
| 結果 | 可以懸浮，但車體傾斜吸住軌道 | 可以懸浮前進，但車體會震動 | 可以平穩懸浮前進 |

實驗結果發現：當車體一側與牆壁間隙為 4.0mm 時，車體傾斜較大，容易被磁軌道吸住；間隙等於 2.0mm 時，車體傾斜較小，前進時會震動；間隙在 0.5~1.0mm 時，車體最平穩，前進速度快，如圖 28。



實驗二、車體材質是否影響小火車前進的速度

實驗二之一：車體兩側摩擦力相同時，車體重量影響車速的情形，結果如表 4。

表 4 不同車體兩側貼膠帶的實驗結果（以塑膠瓦楞板牆壁測試）

| 車體材質 種類 | 薄木板 | 塑膠 瓦楞板 | 珍珠板 | 壓克力 板 | 樂高 積木 |
|------------|-------|-----------|-------|----------|----------|
| 重量 (gw) | 100.0 | 94.0 | 96.0 | 108.0 | 117.0 |
| 懸浮高度 (cm) | 1.5 | 1.8 | 1.5 | 1.6 | 1.4 |
| 平均時間 (sec) | 1" 62 | 1" 17 | 1" 15 | 1" 12 | 1" 24 |

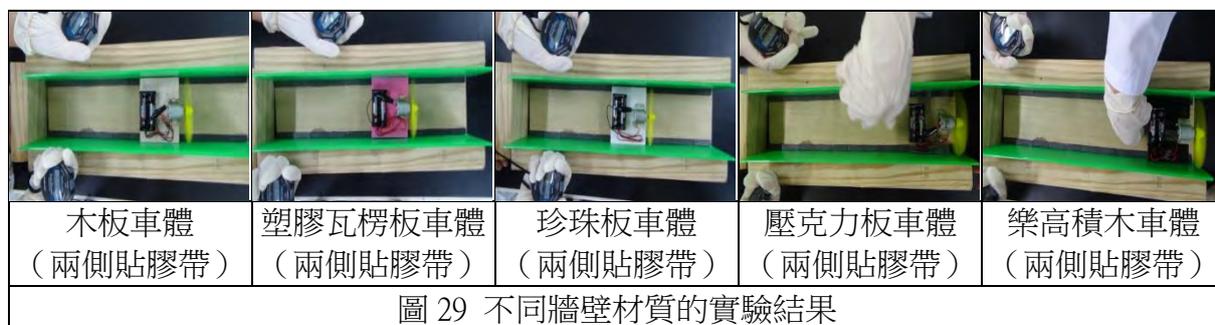
附註：平均時間（小火車跑 36.0cm 所花的時間），時間越短車速越快，如表 5。

表 5 平均時間

| 時間 次數 \ 材質 | 薄木板 | 塑膠 瓦楞板 | 珍珠板 | 壓克力 板 | 樂高 積木 |
|---------------|-------|-----------|-------|----------|----------|
| 第一次 | 1" 59 | 1" 22 | 1" 12 | 1" 16 | 1" 28 |
| 第二次 | 1" 66 | 1" 15 | 1" 22 | 1" 03 | 1" 35 |
| 第三次 | 1" 65 | 1" 10 | 1" 16 | 1" 03 | 1" 35 |
| 第四次 | 1" 62 | 1" 28 | 1" 06 | 1" 15 | 1" 09 |
| 第五次 | 1" 66 | 1" 12 | 1" 09 | 1" 13 | 1" 47 |
| 第六次 | 1" 59 | 1" 22 | 1" 05 | 1" 10 | 1" 09 |
| 第七次 | 1" 60 | 1" 12 | 1" 16 | 1" 19 | 1" 35 |
| 第八次 | 1" 62 | 1" 21 | 1" 22 | 1" 12 | 1" 03 |
| 第九次 | 1" 57 | 1" 16 | 1" 21 | 1" 12 | 1" 22 |
| 第十次 | 1" 63 | 1" 16 | 1" 22 | 1" 16 | 1" 13 |
| 平均時間 | 1" 62 | 1" 17 | 1" 15 | 1" 12 | 1" 24 |

由實驗二之一結果發現：

1. 當車體兩側摩擦力相同時，不同車體材質的車速由快而慢依序為壓克力板車體、珍珠板車體、塑膠瓦楞板車體、樂高積木車體、木板車體。操作如圖 29。
2. 車體越輕，小火車容易搖晃，結果車速不一定越快。



實驗二之二：車體重量相同時，車體兩側摩擦力影響車速的情形，結果如表 6。

表 6 不同車體材質（重量相同）的實驗結果（以塑膠瓦楞板牆壁測試）

| 車體材質 種類 | 薄木板 | 塑膠 瓦楞板 | 珍珠板 | 壓克力 板 | 樂高 積木 |
|------------|-------|-----------|-------|----------|----------|
| 重量 (gw) | 117.0 | 117.0 | 117.0 | 117.0 | 117.0 |
| 懸浮高度 (cm) | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 |
| 平均時間 (sec) | 3" 29 | 2" 32 | 2" 09 | 1" 08 | 1" 47 |

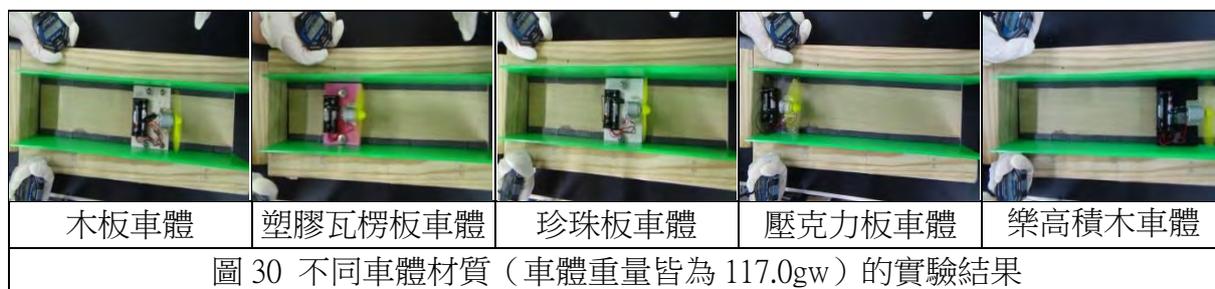
附註：平均時間（小火車跑 36.0cm 所花的時間），時間越短車速越快，如表 7。

表 7 平均時間

| 時間 次數 \ 材質 | 薄木板 | 塑膠 瓦楞板 | 珍珠板 | 壓克力 板 | 樂高 積木 |
|---------------|-------|-----------|-------|----------|----------|
| 第一次 | 3" 15 | 2" 49 | 2" 25 | 0" 97 | 1" 38 |
| 第二次 | 3" 33 | 2" 53 | 2" 12 | 1" 15 | 1" 19 |
| 第三次 | 3" 28 | 2" 47 | 2" 22 | 1" 06 | 1" 25 |
| 第四次 | 3" 19 | 2" 16 | 2" 28 | 1" 09 | 1" 68 |
| 第五次 | 3" 18 | 2" 21 | 2" 09 | 0" 99 | 1" 22 |
| 第六次 | 3" 12 | 2" 16 | 2" 06 | 0" 94 | 1" 35 |
| 第七次 | 3" 31 | 2" 17 | 2" 03 | 1" 18 | 1" 44 |
| 第八次 | 3" 37 | 2" 28 | 1" 94 | 1" 15 | 1" 25 |
| 第九次 | 3" 47 | 2" 41 | 2" 00 | 1" 19 | 1" 28 |
| 第十次 | 3" 51 | 2" 31 | 1" 94 | 1" 06 | 1" 31 |
| 平均時間 | 3" 29 | 2" 32 | 2" 09 | 1" 08 | 1" 47 |

由實驗二之二結果發現：

1. 當各種車體重量控制相同時，前進速度由快而慢依序為：壓克力板車體、樂高積木車體、珍珠板車體、塑膠瓦楞板車體、木板車體。操作如圖 30。
2. 車體與牆壁的摩擦力越小，車速越快。



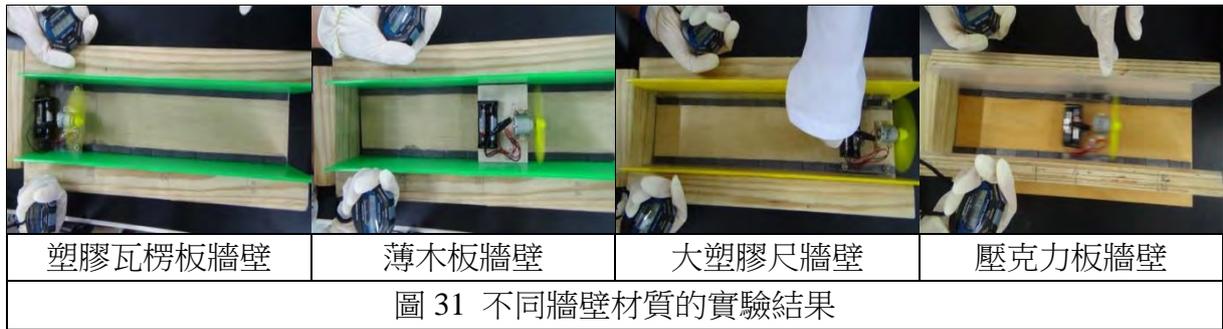
實驗三、牆壁材質是否影響小火車前進的速度，結果如表 8。

表 8 不同牆壁材質的實驗結果 (以壓克力板車體測試)

| 時間 次數 | 材質 | 塑膠 瓦楞板 | 薄木板 | 大塑膠尺 | 壓克力板 |
|----------|----|-----------|-------|-------|-------|
| 第一次 | | 0" 97 | 1" 22 | 0" 87 | 0" 79 |
| 第二次 | | 1" 15 | 1" 32 | 0" 81 | 0" 84 |
| 第三次 | | 1" 06 | 1" 18 | 0" 78 | 0" 81 |
| 第四次 | | 1" 09 | 1" 21 | 0" 88 | 0" 87 |
| 第五次 | | 0" 99 | 1" 22 | 0" 77 | 0" 71 |
| 第六次 | | 0" 94 | 1" 25 | 0" 85 | 0" 75 |
| 第七次 | | 1" 18 | 1" 14 | 0" 80 | 0" 83 |
| 第八次 | | 1" 15 | 1" 26 | 0" 79 | 0" 88 |
| 第九次 | | 1" 19 | 1" 19 | 0" 85 | 0" 80 |
| 第十次 | | 1" 06 | 1" 31 | 0" 81 | 0" 79 |
| 平均時間 | | 1" 08 | 1" 23 | 0" 82 | 0" 81 |

實驗結果發現：

1. 壓克力板車體在四種牆壁前進的速度由快而慢是：壓克力板牆壁、大塑膠尺牆壁、木板牆壁、塑膠瓦楞板牆壁。操作如圖 31。
2. 壓克力板牆壁和大塑膠尺牆壁的平均時間幾乎一樣，兩者都是較好的牆壁材質選擇。



由攝影發現，每隔 12 公分觀測小火車前進速度，小火車在起步時速度較慢，然後持續加速，在第 3 段 24.0~36.0cm 時平均車速最快，如表 9、圖 32。從電腦軟體中得到下列記錄(取用一次壓克力板車體、塑膠瓦楞板牆壁的數據)，如圖 33。

表 9 平均車速

| 距離 | 第 1 段 | 第 2 段 | 第 3 段 |
|---------------|--------|---------|---------|
| | 0~12cm | 12~24cm | 24~36cm |
| 平均車速 (cm/sec) | 25.53 | 36.36 | 52.17 |

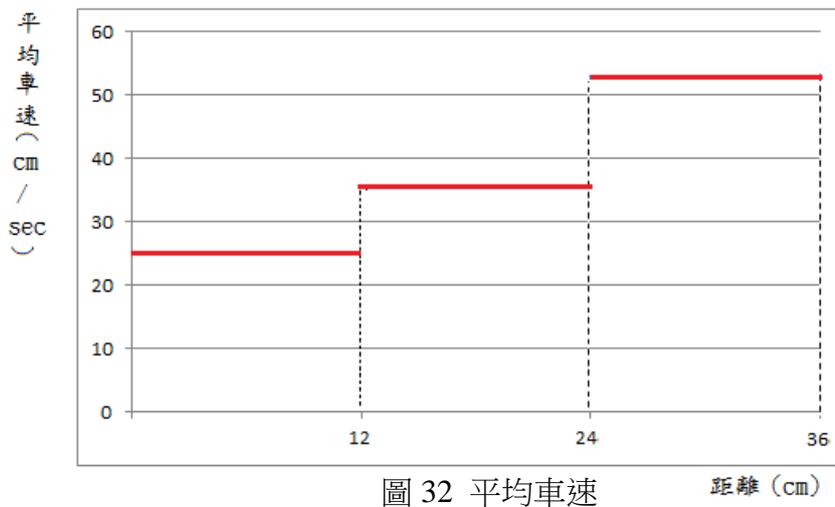


圖 32 平均車速

| 距離 | 0 cm | 12cm | 24cm | 36cm |
|------------|------|------|------|------|
| 圖示 | | | | |
| 到達時間 (sec) | 0 | 0.47 | 0.80 | 1.03 |

圖 33 從電腦軟體得到由起點到終點小火車每前進 12cm 所花的時間

實驗四、不同的風扇是否有足夠的推動力讓小火車往前進

實驗四之一：不同的風扇影響車速的情形，結果如表 10。

表 10 不同風扇的實驗結果（以壓克力板車體和壓克力板牆壁測試）

| 時間 次數 \ 種類 | 黃色塑膠風扇 | 白色塑膠風扇 | 泡棉風扇 |
|---------------|--------|--------|-------|
| 第一次 | 0" 79 | 1" 06 | 1" 21 |
| 第二次 | 0" 84 | 0" 87 | 1" 50 |
| 第三次 | 0" 81 | 0" 97 | 1" 57 |
| 第四次 | 0" 87 | 0" 94 | 1" 51 |
| 第五次 | 0" 71 | 0" 88 | 1" 83 |
| 第六次 | 0" 75 | 1" 00 | 1" 63 |
| 第七次 | 0" 83 | 0" 97 | 1" 46 |
| 第八次 | 0" 88 | 0" 94 | 1" 54 |
| 第九次 | 0" 80 | 1" 06 | 1" 42 |
| 第十次 | 0" 79 | 1" 05 | 1" 55 |
| 平均時間 | 0" 81 | 0" 97 | 1" 52 |

實驗結果發現：黃色塑膠風扇的推動力最好，其次是白色塑膠風扇、泡棉風扇。

操作如圖 34。



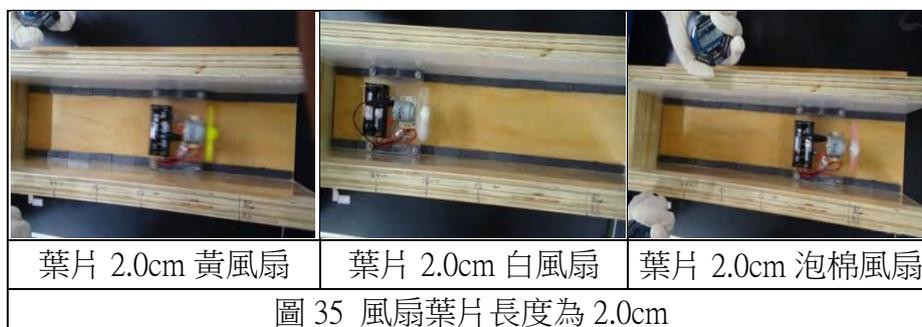
實驗四之二：控制葉片長度為 2.0cm，不同的風扇影響車速的情形，結果如表 11。

表 11 不同風扇（葉片長度為 2.0cm）的實驗結果

| 時間 次數 \ 種類 | 葉片 2.0cm 黃風扇 | 葉片 2.0cm 白風扇 | 葉片 2.0cm 泡棉風扇 |
|---------------|--------------|--------------|---------------|
| 第一次 | 1" 37 | 1" 06 | 1" 60 |
| 第二次 | 1" 29 | 0" 87 | 1" 65 |
| 第三次 | 1" 34 | 0" 97 | 1" 56 |
| 第四次 | 1" 31 | 0" 94 | 1" 78 |
| 第五次 | 1" 37 | 0" 88 | 1" 75 |
| 第六次 | 1" 35 | 1" 00 | 1" 69 |
| 第七次 | 1" 34 | 0" 97 | 1" 66 |
| 第八次 | 1" 31 | 0" 94 | 1" 54 |
| 第九次 | 1" 34 | 1" 06 | 1" 75 |
| 第十次 | 1" 41 | 1" 05 | 1" 75 |
| 平均時間 | 1" 34 | 0" 97 | 1" 67 |

實驗結果發現：

1. 控制葉片長度為 2.0cm 時，使用白色塑膠風扇時的車速最快，其次是黃色塑膠風扇，泡棉風扇最慢。操作如圖 35。
2. 黃色塑膠風扇葉片長度為 4.0cm 時比 2.0cm 時速度快。



實驗五、小火車在長方形磁鐵軌道和長條磁鐵軌道上前進的速度，結果如表 12。

表 12 兩種磁軌道的實驗結果（以壓克力板車體和壓克力板牆壁測試）

| 磁鐵種類 | 長方形磁鐵 | 長條磁鐵 |
|------------|-------|-------|
| 磁力 | 較強 | 較弱 |
| 懸浮高度 (cm) | 1.4 | 1.0 |
| 平均時間 (sec) | 0" 81 | 1" 09 |

附註：平均時間（小火車跑 36.0cm 所花的時間），時間越短車速越快，如表 13。

表 13 平均時間

| 時間 次數 \ 種類 | 長方形磁鐵 | 長條磁鐵 |
|---------------|-------|-------|
| 第一次 | 0" 79 | 1" 04 |
| 第二次 | 0" 84 | 1" 19 |
| 第三次 | 0" 81 | 1" 07 |
| 第四次 | 0" 87 | 1" 10 |
| 第五次 | 0" 71 | 1" 03 |
| 第六次 | 0" 75 | 1" 06 |
| 第七次 | 0" 83 | 1" 12 |
| 第八次 | 0" 88 | 1" 08 |
| 第九次 | 0" 80 | 1" 15 |
| 第十次 | 0" 79 | 1" 04 |
| 平均時間 | 0" 81 | 1" 09 |

實驗結果發現：小火車在長方形磁鐵軌道的車速比長條磁鐵軌道的車速快。

實驗六、長條磁鐵軌道的厚度是否影響小火車前進的速度，結果如表 14。

表 14 不同厚度磁軌道

| 磁鐵種類 | 一層磁鐵 | 二層磁鐵 | 三層磁鐵 |
|------------|-------|-------|-------|
| 磁力 | 最弱 | 較強 | 最強 |
| 懸浮高度 (cm) | 1.0 | 1.2 | 1.4 |
| 平均時間 (sec) | 1" 09 | 0" 87 | 0" 85 |

附註：平均時間（小火車跑 36.0cm 所花的時間），時間越短車速越快，如表 15。

表 15 不同磁軌道厚度的實驗結果（以壓克力板車體和壓克力板牆壁測試）

| 時間 次數 \ 厚度 | 一層磁鐵 | 二層磁鐵 | 三層磁鐵 |
|---------------|-------|-------|-------|
| 第一次 | 1" 04 | 0" 91 | 0" 85 |
| 第二次 | 1" 19 | 0" 84 | 0" 87 |
| 第三次 | 1" 07 | 0" 84 | 0" 90 |
| 第四次 | 1" 10 | 0" 94 | 0" 75 |
| 第五次 | 1" 03 | 0" 81 | 0" 87 |
| 第六次 | 1" 06 | 0" 88 | 0" 88 |
| 第七次 | 1" 12 | 0" 89 | 0" 79 |
| 第八次 | 1" 08 | 0" 85 | 0" 84 |
| 第九次 | 1" 15 | 0" 90 | 0" 83 |
| 第十次 | 1" 04 | 0" 83 | 0" 91 |
| 平均時間 | 1" 09 | 0" 87 | 0" 85 |

實驗結果發現：壓克力板車體在三層磁鐵的軌道上車速最快，其次是二層磁鐵，在一層磁鐵的軌道上車速最慢。

研究三、探討利用其他動力推動磁浮小火車

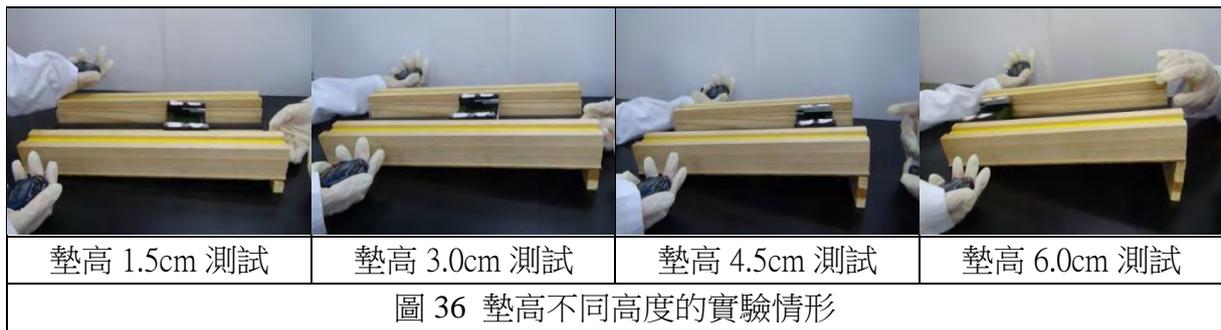
（一）利用重力使小火車前進--重力磁浮小火車，結果如表 16。

表 16 不同高度小火車往下滑 36cm 的實驗結果

| 時間 次數 \ 高度 | 1.5cm | 3.0cm | 4.5cm | 6.0cm |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
| 第一次 | 1" 87 | 1" 22 | 0" 88 | 0" 75 |
| 第二次 | 1" 92 | 1" 42 | 0" 78 | 0" 66 |
| 第三次 | 2" 01 | 1" 38 | 0" 85 | 0" 57 |
| 第四次 | 1" 84 | 1" 54 | 0" 84 | 0" 75 |
| 第五次 | 1" 89 | 1" 19 | 0" 82 | 0" 78 |

| | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 第六次 | 1" 92 | 1" 46 | 0" 73 | 0" 74 |
| 第七次 | 2" 03 | 1" 26 | 0" 79 | 0" 64 |
| 第八次 | 1" 88 | 1" 38 | 0" 78 | 0" 65 |
| 第九次 | 1" 90 | 1" 29 | 0" 87 | 0" 68 |
| 第十次 | 1" 82 | 1" 34 | 0" 90 | 0" 76 |
| 平均時間 | 1" 91 | 1" 35 | 0" 82 | 0" 70 |

由實驗結果發現：軌道一端墊高的高度越高，小火車受重力影響越大，下滑時車速越快。操作如圖 36。



(二) 利用磁力推動使小火車前進--前吸後推式磁浮小火車

由四個組員分別拉動木條後，測量結果如表 17。

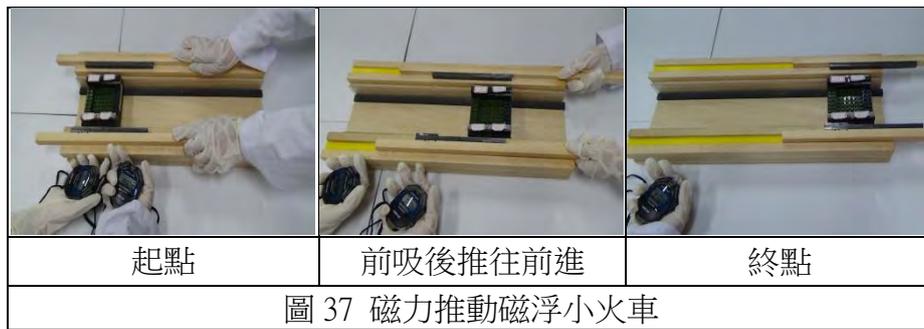
表 17 前吸後推式小火車的實驗結果

| 時間 次數 | 名稱 | 組員一 | 組員二 | 組員三 | 組員四 |
|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 第一次 | | 2" 75 | 3" 93 | 3" 75 | 3" 68 |
| 第二次 | | 3" 06 | 3" 60 | 3" 26 | 3" 66 |
| 第三次 | | 2" 90 | 4" 06 | 2" 09 | 2" 12 |
| 第四次 | | 2" 75 | 3" 47 | 1" 47 | 2" 25 |
| 第五次 | | 3" 53 | 3" 57 | 1" 43 | 2" 74 |
| 平均時間 | | 3" 00 | 3" 73 | 2" 40 | 2" 89 |

實驗結果發現：

1. 每個組員拉動的力量不同，結果差異較大。實驗操作如圖 37。
2. 拉動木條時，可以清楚感覺到木條上的磁鐵吸引小火車前進。當慢慢拉時，車子很平穩但速度太慢；如果快速拉動時，磁鐵無法吸引小火車，小火車只有晃動無法前進，所以同學想搶快反而操作失敗。

請班上同學玩前吸後推式磁浮小火車，覺得把樂高積木拼成磁浮小火車真是新奇，下課常常有同學來操作，比賽誰的車速比較快，是一個有趣又好玩的科學玩具。



小火車前進原理示意圖如圖 38：前吸後推

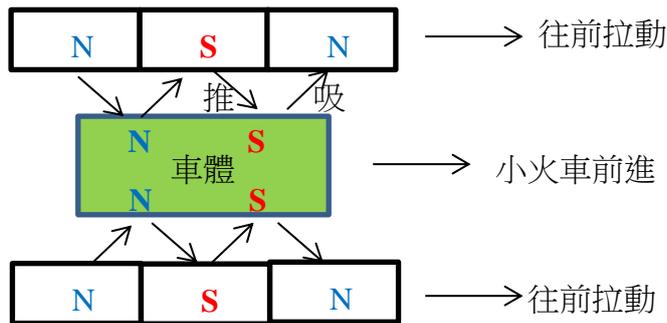


圖 38 小火車前進原理示意圖

陸、討論

一、黏貼磁軌道和車體底部兩側磁鐵：

- (一) 第一次在黏磁鐵軌道時，是用大圓形磁鐵，結果小火車一直被軌道吸住，後來用長方形磁鐵每隔 1.0cm、0.5cm 黏一個，發現雖然可懸浮，但是前進時不是被吸住就是車體會震盪，於是就將長方形磁鐵依照磁性相同朝上方緊黏在一起，成為兩條平行的磁軌道，發現小火車就能平穩前進；黏貼小火車底部兩側磁鐵時，嘗試各種磁鐵，發現必須使用長方形磁鐵緊密黏貼，小火車底部的磁鐵與磁軌道都黏貼相同極，才能和軌道形成互斥而可以懸浮。
- (二) 一個一個黏貼磁軌道的磁鐵時，因為同極相斥，必須使用熱熔膠才能固定，擠出的膠量如果不平均，會使得有些磁鐵無法黏得很平直，或者不夠牢，而影響小火車前進，所以必須擠出平均的膠量，並且壓緊磁鐵，注意磁鐵是否平直，黏得很牢。
- (三) 選用的磁鐵是以常用、容易取得的為主，黑板用的長條磁鐵磁力太弱，無法讓車體浮起，後來在製作磁鐵的工廠找到磁力較強的 30.0cm 長條磁鐵。

二、磁浮小火車應用的原理：

本實驗運用了**磁鐵相互排斥**的原理，讓小火車可以懸浮在空中；還有運用了**作用力等於反作用力的原理**，例如：手用力打牆壁（作用力），牆壁會給手一個反作用力，所以手會痛。同樣的道理，風扇往小火車後方吹時，會對空氣產生”作用力”，同時空氣也會對風扇產生”反作用力”推向風扇，而風扇是黏在小火車上，因此可以當作用同一物品，所以小火車就被往前推進了。

三、磁浮小火車的推動力：

為了要讓小火車前進的速度變快，就必需要考慮到馬達的轉速、風扇的大小還有電池電力的容量。在實驗過程中有兩種小馬達，一個轉速是 4000RPM，只能推動小火車緩慢前進，另一個轉速是 6000-8000RPM，可以讓小火車快速前進，所以選用轉速較強的馬達；葉片長度 1.0cm 小風扇無法推動小火車，因此要加大風扇的扇葉；同時也要注意軌道兩側牆壁能否容納大風扇而不會打到牆壁造成損害風扇葉片；為配合電池盒，選擇 1.5 伏特 4 號鹼性電池，也可減少車體重量。

四、小火車前進方向的問題：

車子前進的方向與風扇葉片轉動的方向有關。如果風扇葉片順時針轉動，車子是向前進，那麼風扇葉片逆時針轉動，車子是向後退，所以當車子向後退時，只要將電線反接（電流方向改變），風扇葉片就會順時針轉動，車子自然向前進了。

五、牆壁的平行度與垂直度：

經過多次試驗發現，牆壁的平行度和垂直度是車子能否順利行進的重要原因之一，一開始選擇塑膠瓦楞板當作底板和牆壁，並用木條輔助固定，因為熱熔膠凝固速度很快，無法迅速做調整，常常會黏歪，而且一直反覆測試，還是無法將牆壁貼得平行和垂直，導致車子常常卡住。後來改用厚木板作輔助固定，並改用保麗龍膠，使牆壁的平行度和垂直度更精準，車子可以更平穩快速前進。

六、換大風扇時調整車體平衡的原理：

當換上大風扇時，小火車會左右擺盪而碰撞牆壁，是因為大風扇旋轉時，會產生較明顯的旋轉力矩，如果風扇是向左轉，經由馬達的軸為中心，小火車右邊會往左上

轉，只是遇到小火車左下方磁鐵的斥力，才又讓小火車向右轉，又遇到右下方磁鐵的斥力，小火車又往左轉，如此不停的擺盪造成小火車一直碰撞牆壁，如同直升機尾端有一個小螺旋槳一樣，控制尾巴不會跟著旋轉而讓機身方向穩定，在小火車的右邊簡單的增加重量，讓小火車的右邊不會往上翹起造成擺盪。

七、測量車速方法：

利用碼表測量車速會因為按碼表速度不同可能產生誤差，所以改用 HD 攝影機拍下小火車行進的情形，再利用電腦軟體 Windows Movie Maker 精確得知車速，並且可以進一步知道小火車在起步的第 1 段 12.0cm 車速最慢，第 2 段 12.0cm 車速更快，第 3 段 12.0cm 車速最快，可見**作用力越久，車子的速度越快。**

八、真正的磁浮列車的推進系統：

磁浮列車的推進系統(Propulsion System) 是線性馬達，在沒有線性馬達下，嘗試在車體兩側上半部左右各黏貼 N 極與 S 極的長方形磁鐵，再用手拉動貼有 N 極與 S 極交錯磁鐵的木條，使得木條上磁鐵的 S 極與車上磁鐵的 N 極相吸，而木條上磁鐵的 N 極再與車上磁鐵的 N 極相斥，就會產生前吸後推的作用，使磁浮小火車前進。

柒、結論

一、磁浮小火車的製作方法及車速的測量方法：

(一) 將長方形磁鐵緊密黏貼製作磁軌道和車體底部磁鐵，磁軌道底板為薄木板，軌道兩側要有牆壁，以厚木板固定，使牆壁平行並與底板垂直，車體上黏貼馬達風扇和電池盒，用水平儀調整車體平衡，讓小火車平穩懸浮於空中，再打開風扇推動前進。

(二) 車速的測量方法可用碼表測量或用 HD 攝影機錄影後，以電腦軟體 Windows Movie Maker 分析得到車速。

二、想要讓小火車更快速前進，可以採用下列方法：

(一) 車體一側與牆壁緊靠，另一側與牆壁間隙必須保持在 0.5~1.0mm，才能使小火車平穩快速前進。

- (二) 車體材質選擇光滑的壓克力板最好，如果沒有壓克力板，可選用較輕的塑膠瓦楞板或珍珠板代替。
- (三) 牆壁材質也是選擇光滑的壓克力板最好，如果沒有壓克力板，可選用大塑膠尺，也可讓磁浮小火車快速前進。
- (四) 小火車可以用黃色塑膠風扇、白色塑膠風扇或泡棉葉片風扇推動，以葉片長度4.0公分的黃色塑膠風扇的推動力最好。
- (五) 以長條磁鐵來做磁軌道，疊成三層時車速比一層時還快；疊成三層的長條磁鐵車速雖然沒有比長方形磁鐵軌道車速來得快，但是可以省下黏貼磁鐵的時間，更快速完成磁浮小火車。
- 三、利用重力讓小火車從斜坡上往下滑或用前吸後推式的磁力來推動磁浮小火車，也是相當有趣的科學玩具，還可減少使用電池，節約能源。

捌、參考資料

- 一、王純姬等（2015）• 第二單元神奇磁力 • 載於自然與生活科技三上 • 新北市：康軒。
- 二、王純姬等（2016）• 第四單元交通工具與能源 • 載於自然與生活科技四上 • 新北市：康軒。
- 三、王純姬等（2016）• 第四單元奇妙的電路 • 載於自然與生活科技四下 • 新北市：康軒。
- 四、江丙森等（1991）• 電氣與磁力之謎 • 臺北市：護幼社文化。
- 五、磁浮火車（2016）• 維基百科。取自
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A3%81%E6%87%B8%E6%B5%AE%E5%88%97%E8%BB%8A>
- 六、磁浮列車原理（2016）• 國立高雄師範大學附屬高級中學。取自
<http://nknush.kh.edu.tw/~art/technology/transportation/megareason.htm>
- 七、youtube 影片「動手做好玩的磁浮列車模型」（2017）• Adion 科學小教室-Model Maglev train 取自 <https://www.youtube.com/watch?v=WQ86sN6sBxc&t=8s>

【評語】 080803

製作與探討磁浮車的影響因素，值得鼓勵。

建議宜將探討之變因與影響之物理因素作關聯討論，例如磁鐵形狀與磁力分布等。

建議可以思考系統架構，對於轉彎與偏軌的問題，宜參考現在磁浮列車的機構，避免增加額外的摩擦力。

摘要

玩磁鐵時，對於同極相斥、異極相吸的現象感到有趣，因此想要自製磁浮小火車。製作方法為：將長方形磁鐵緊密黏貼成磁軌道和車體底部磁鐵，軌道底板為薄木板，兩側牆壁以厚木板固定，使牆壁平行並與底板垂直，車體上黏貼馬達風扇和電池盒，用水平儀調整車體平衡，讓小火車平穩懸浮，再打開風扇推動前進。

進一步探討使小火車速度更快，實驗結果發現：車體一側緊靠牆壁，另一側與牆壁的間隙以0.5~1.0mm的寬度能讓小火車快速前進；壓克力板車體的前進速度最快；牆壁材質以壓克力板最好；轉速6000-8000RPM的馬達配合葉片長4.0cm的塑膠風扇推動力最佳；長條磁鐵做磁軌道時，疊成三層時車速較快。

除了用風扇外，還可用重力或磁力使小火車前進，就是好玩的磁浮小火車了。

壹、研究動機

在三年級上學期的自然第二單元老師讓我們玩磁鐵玩具，我們發現有時候兩個磁鐵互相靠近時會自動翻轉(或移動)吸在一起，有時候將兩極靠近會互相排斥，需要用力才能接近。今年四年級上學期自然第四單元講到交通工具與能源，我們在電視上看到介紹磁浮火車的影片，發現運用磁鐵間相互排斥的原理，可以減少輪子和軌道之間的摩擦力讓火車在空中很快的往前進。

磁鐵真是好玩又有趣，竟然還可以做成磁浮火車，因此，我們想試試看自己是否能利用簡單的工具和材料，透過圓形磁鐵或長方形磁鐵的黏貼，加上動力來源---馬達風扇的推動，希望能做出一輛跑得快的磁浮小火車。

★教材關連性：康軒版三上 第二單元 神奇磁力
康軒版四上 第四單元 交通工具與能源 四下 第四單元 奇妙的電路

貳、研究目的

- 一、探討磁浮小火車的製作方法及車速的測量方法
 - (一) 探討製作磁軌道和車體底部磁鐵的黏貼方式
 - (二) 探討軌道兩側牆壁的固定方法
 - (三) 探討製作小火車車體的方法
 - (四) 探討調整車體平衡的方法
 - (五) 探討操作小火車前進及車速的測量方法
- 二、探討影響磁浮小火車前進速度的因素
 - (一) 探討車體和牆壁的間隙是否影響小火車前進的速度
 - (二) 探討車體材質是否影響小火車前進的速度
 - (三) 探討牆壁材質是否影響小火車前進的速度
 - (四) 探討不同的風扇是否有足夠的推動力讓小火車前進
 - (五) 探討小火車在長方形磁鐵軌道和長條磁鐵軌道上前進的速度
 - (六) 探討長條磁鐵軌道的厚度是否影響小火車前進的速度
- 三、探討利用其他動力推動磁浮小火車
 - (一) 利用重力使小火車前進
 - (二) 利用磁力推動使小火車前進



參、研究設備及器材



圖1 實驗設備及器材

肆、研究過程或方法

一、文獻查考

- (一) 磁浮列車是一種靠磁浮力(即磁的吸力和排斥力)來推動的列車(如圖2)。(維基百科·民105)。磁力的產生方式有三種：(一)永久磁鐵 (二)電磁鐵 (三)超導體電磁鐵(superconducting magnets)。(張有恆、張贊育·民74)。
- (二) 有了磁力所產生的懸浮力，再配合線性馬達(如圖3)作為推進動力，藉著前吸後推的動作即可使磁浮列車前進(如圖4)。

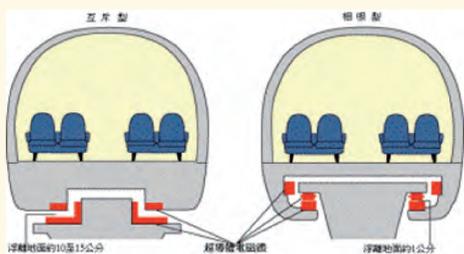


圖2 互斥型及相吸型的磁浮原理

★資料來源：How Maglev Vehicles Float · 1999

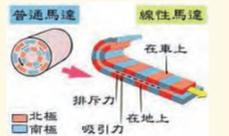


圖3 線性馬達與普通馬達

★資料來源：陳一銘·民89

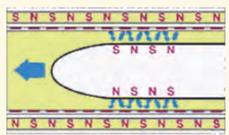


圖4 磁力前吸後推的動作

★資料來源：陳一銘·民89

二、尋找資源與材料

考慮周圍現有的資源，決定利用下列材料來製作磁浮小火車。

- (一) 磁軌道部分：以長方形磁鐵、大圓形磁鐵(皆為永久磁鐵)製作。
- (二) 車體底部磁鐵部分：以長方形磁鐵、大圓形磁鐵、小圓形磁鐵、強力圓形磁鐵(皆為永久磁鐵)製作。
- (三) 車體部分：主要車體造型為長方形，以塑膠瓦楞板、薄木板、珍珠板、樂高積木、壓克力板等材料製作。
- (四) 軌道兩側牆壁部分：以塑膠瓦楞板、薄木板、大塑膠尺、壓克力板等材料製作，用木條或厚木板輔助固定。
- (五) 動力來源部分：以馬達風扇(轉速6000-8000RPM、轉速4000RPM)和電池盒(1.5伏特4號鹼性電池2顆)代替線性馬達，或利用重力或前吸後推式(磁鐵同極相吸、異極相斥)使小火車前進。

三、測量磁鐵磁力

為了瞭解各種磁鐵的大小(如圖5)和磁力強弱，用最簡易的兩種方法(如圖6)來測量，每一種磁鐵都測試五次後計算平均值，如表1。

| 磁鐵種類 | 長方形磁鐵 | 大圓形磁鐵 | 小圓形磁鐵 | 強力圓形磁鐵 |
|------|----------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| 大小 | 長4.0cm 寬1.0cm 厚3.5mm | 直徑3.0cm 厚3.5mm | 直徑1.9cm 厚2mm | 直徑0.7cm 厚1.5mm |
| 圖示 | | | | |

表1 各種磁鐵的磁力

| 種類 | 方法 | 第一種測試方法: 將磁鐵靠近迴紋針， 計算吸起迴紋針的數量 | | | | | 第二種測試方法: 將迴紋針一個接一個吸， 計算吸起迴紋針的數量 | | | | | | |
|--------|----|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| | | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 | 第5次 | 平均 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 | 第5次 | 平均 |
| 長方形磁鐵 | | 115 | 107 | 120 | 107 | 110 | 112 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 大圓形磁鐵 | | 141 | 145 | 149 | 148 | 143 | 145 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 小圓形磁鐵 | | 38 | 39 | 41 | 33 | 35 | 37 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 強力圓形磁鐵 | | 37 | 48 | 32 | 34 | 42 | 37 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |



圖6 測量磁鐵磁力



研究一、探討磁浮小火車的製作方法及車速的測量方法

- (一) 探討製作磁軌道和車體底部磁鐵的黏貼方式

瞭解小火車懸浮的原理--利用磁鐵同極相斥和軌道兩側的牆壁讓小火車懸浮起來。為了要讓小火車懸浮在空中，就必須要把磁鐵黏成兩條軌道，向上那一面的極性要一樣(若設定為N極朝上)，小火車底部兩側也要黏磁鐵(必須為N極朝下)，面向軌道那一面與軌道互相排斥，軌道兩側必須要有牆壁，如此小火車才能在空中懸浮。那麼，不同形狀的磁鐵做成的磁軌道和車體底部磁鐵，是否可以讓小火車平穩的懸浮在空中呢？

1. 實驗步驟：
 - (1) 先選用大圓形和長方形磁鐵各22個，排列呈長條形，再利用熱熔膠黏貼於底板(塑膠瓦楞板)上，形成兩條平行的磁軌道，分別黏貼成間隙1.0cm、間隙0.5cm和緊密黏貼，磁軌道兩側牆壁用長45.0cm、寬8.0cm的塑膠瓦楞板製作，如圖7。
 - (2) 用薄木板裁成長9.5cm、寬8.0cm的大小當作車體，以長方形磁鐵、大圓形磁鐵、小圓形磁鐵、強力圓形磁鐵各4個，分別黏貼在車底兩側(注意磁鐵不可以超出車體，若有多餘殘膠必須刮除)，如圖8。
 - (3) 分別將車體放置於軌道上，測試是否可以懸浮，觀察並記錄結果，如表2。

| 磁鐵種類 | 排列有間隙1.0cm | 排列有間隙0.5cm | 緊密黏貼 |
|-------|------------|------------|------|
| 大圓形磁鐵 | | | |
| 長方形磁鐵 | | | |

圖7 磁軌道的磁鐵種類

| 磁鐵種類 | 大圓形磁鐵 | 小圓形磁鐵 | 強力圓形磁鐵 | 長方形磁鐵 |
|------|-------|-------|--------|-------|
| 圖示 | | | | |

圖8 車體底部磁鐵的種類

2. 實驗結果

表2 車體懸浮情形

| 磁軌道 | 結果 | 車底磁鐵 | | | |
|-------|---------|-------|-------|--------|-------|
| | | 大圓形磁鐵 | 小圓形磁鐵 | 強力圓形磁鐵 | 長方形磁鐵 |
| 大圓形磁鐵 | 間隙1.0cm | × | × | × | × |
| | 間隙0.5cm | × | × | × | × |
| | 緊密黏貼 | × | × | × | × |
| 長方形磁鐵 | 間隙1.0cm | × | × | × | △ |
| | 間隙0.5cm | × | × | × | △ |
| | 緊密黏貼 | × | △ | × | ○ |

附註：○表示平穩懸浮 △表示可懸浮但無法平穩 ×表示無法懸浮



(二) 探討軌道兩側牆壁的固定方法

1. 一開使牆壁外圍分別黏貼木條固定，如圖9。
2. 固定軌道兩側牆壁並調整牆壁的平行度與垂直度的時候，用木條固定不容易使牆壁平行且與地板垂直，所以將塑膠瓦楞板的底板改成0.4cm厚的薄木板，並改用2.0cm厚的厚木板輔助固定牆壁，牆壁就可以變得又平又直，如圖10。



圖9 利用木條固定各種材質的牆壁

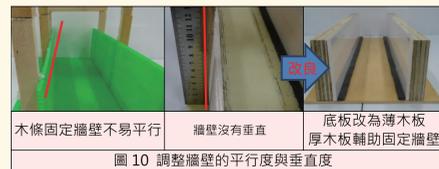


圖10 調整牆壁的平行度與垂直度

結論：磁軌道的底板要用薄木板，軌道兩側牆壁要用厚木板輔助固定，牆壁才能保持平行並與地板垂直。

(三) 探討製作小火車車體的方法

小火車車體的製作步驟：

1. 以樂高積木組成長9.5cm、寬8.0cm的車體，並將塑膠瓦楞板、薄木板、珍珠板、壓克力板裁成和樂高積木大小相同的車體。(配合軌道寬度，以9.5cm為車體左右寬度；配合黏貼底部兩側磁鐵長度，以8.0cm為車體前後長度)
2. 在車體的底部兩側各緊密黏貼2個長方形磁鐵，使得小火車懸浮在磁軌道上。
3. 將馬達風扇黏在車體後方中央，電池盒橫向黏貼在車體前方中央，並利用水平儀調整車體平衡。完成車體如圖11。

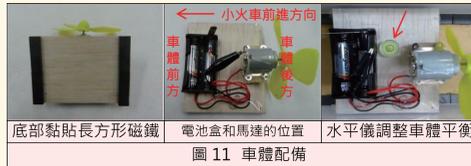


圖11 車體配備

結論：車體可以用常見的樂高積木、塑膠瓦楞板、薄木板、珍珠板、壓克力板等材料製作，將馬達風扇和電池盒黏在車體上，利用水平儀調整車體平衡。

(四) 探討調整車體平衡的方法

調整車體平衡時的注意事項：

1. 安裝馬達、風扇和電池盒時，要讓小火車保持前後、左右平衡。
2. 當換上黃色塑膠風扇時，小火車會左右擺盪而碰撞牆壁，所以用熱熔膠將馬達底部固定，讓小火車不會因為風扇轉動而造成擺盪。調整車體平衡如圖12。



圖12 調整車體平衡注意事項

結論：調整車體平衡時，注意風扇不可打到小火車及牆壁；黏貼馬達及電池盒時，用水平儀調整馬達或電池盒的位置，讓小火車平衡後，再黏貼固定。

由以上(一)~(四)可得結論：自製磁浮小火車的方法及步驟

- (1) 將0.4cm厚的薄木板裁成長45.0cm、寬20.0cm的大小當作磁軌道底板。
- (2) 準備22個長方形磁鐵(4.0cm×1.0cm×0.4cm)，依照磁鐵的極性，將磁鐵同極性朝上，用熱熔膠緊密的貼在底板上(長的一端緊緊的黏在一起)，黏成長45.0cm的磁軌道，磁軌道寬度設定為9.5cm，能容納直徑8.0cm的風扇葉片。
- (3) 以厚木板輔助固定磁軌道兩側的牆壁，使牆壁保持平行並與地板垂直。
- (4) 在車體底部兩側各黏貼2個長方形磁鐵，車體上方黏貼馬達風扇(轉速6000-8000RPM)和電池盒(4號電池2顆)，用水平儀調整車體平衡，讓小火車懸浮於軌道上方，打開馬達風扇推動前進。磁浮小火車製作過程如圖13。

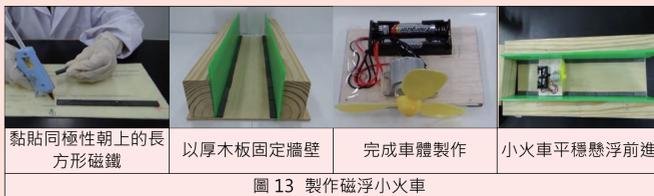


圖13 製作磁浮小火車

(五) 探討操作小火車前進及車速的測量方法

測量小火車行進速度的方法：

1. 選擇一平坦實驗桌面，以水平儀測量，調整桌面保持水平，再將軌道平放桌面。
2. 一人操作小火車開關，另外兩人分別拿碼表，當小火車一開始往前進時按下碼表，抵達終點按下停止(起點至終點的距離為36.0cm)，一人記錄，測量十次後計算平均時間。操作如圖14。
3. 為了測量出準確的車速，我們用HD攝影機錄影，再以電腦軟體Windows Movie Maker分析車速，與碼表測得的結果互相參照。操作如圖15。



圖14 測量小火車行進速度



圖15 利用HD錄影機和電腦軟體準確測量車速

結論：利用HD攝影機錄影和電腦軟體Windows Movie Maker分析可準確測量車速。

由研究一的結論，我們可以製作出平穩前進的磁浮小火車，並且知道準確測量車速的方法，接下來繼續探討如何使小火車更快速前進的方法。

設計理念一：經過討論之後，我們認為影響小火車前進速度的主要原因可能為牆壁與車體間隙、車體的材質、牆壁的材質、馬達風扇等，所以就從這幾個方向設計實驗做探討。

設計理念三：除了使用馬達風扇替代線性馬達外，在不浪費電池的原則下，我們又想到可以用其他動力來源，使小火車前進。

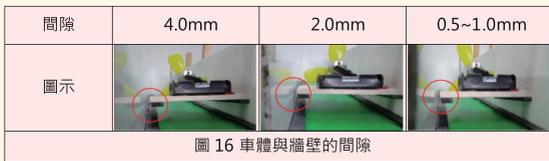
研究二、探討影響磁浮小火車前進速度的因素

實驗一、探討車體與牆壁間隙是否影響小火車前進的速度

(一) 小火車前進時，車體一側會緊靠牆壁，另一側和牆壁會有間隙，而且間隙的大小會影響車體的平衡和行進速度，接著探討間隙對車子行進速度的影響。

(二) 實驗步驟：

- 將木板車體一側與軌道兩側牆壁保持緊靠，另一側分別保持4.0mm、2.0mm、0.5~1.0mm寬的不同間隙，如圖16。
- 觀察記錄車體的懸浮高度及前進情形。



實驗二、探討車體材質是否影響小火車前進的速度

實驗二之一：車體兩側摩擦力相同時（都貼膠帶），探討車體不同重量（操縱變因）影響車速的情形

實驗步驟：

- 將薄木板、壓克力板、珍珠板、塑膠瓦楞板和樂高積木等車體裝上全新電池。

- 軌道兩側牆壁為塑膠瓦楞板，控制車體一側與牆壁間隙為0.5~1.0mm。在車體兩側分別貼上透明膠帶，控制車體兩側與牆壁的接觸面都相同，如圖17。

- 觀察各車體在軌道上的懸浮高度，並以碼表測量小火車前進36.0cm所花的時間，各測量十次後計算平均值。

| | | | | | |
|---------|-------|-------|------|-------|-------|
| 車體材質種類 | 薄木板 | 塑膠瓦楞板 | 珍珠板 | 壓克力板 | 樂高積木 |
| 重量 (gw) | 100.0 | 94.0 | 96.0 | 108.0 | 117.0 |
| 圖示 | | | | | |

圖 17 各車體兩側分別貼上透明膠帶

實驗二之二：車體重量相同時（117.0gw），探討車體兩側摩擦力（操縱變因）影響車速的情形

實驗步驟：

- 同實驗二之一
- 步驟3改為五種車體兩側不貼膠帶，測量各種車體的重量後，加上砝碼調整，使各車體重量與最重的樂高積木車體（117.0gw）相同，如圖18。

| | | | | | |
|------------|-----|-------|-----|------|------------------|
| 車體材質種類 | 薄木板 | 塑膠瓦楞板 | 珍珠板 | 壓克力板 | 樂高積木 |
| 圖示一 原車體 | | | | | |
| 圖示二 加砝碼 | | | | | 各車體重量皆控制為117.0gw |

圖 18 不同的車體材質

實驗三、探討牆壁材質是否影響小火車前進的速度

實驗步驟：

- 選用塑膠瓦楞板、薄木板、大塑膠尺和壓克力板等材料，分別做成長45.0cm、寬8.0cm的牆壁，底板為薄木板，以厚木板固定，如圖19。
- 以壓克力板車體做測試，觀察小火車在各種不同牆壁材質時，前進36.0cm所花的時間，以碼表各測量十次後計算平均值。

| | | | | |
|------|-------|-----|------|------|
| 牆壁材質 | 塑膠瓦楞板 | 薄木板 | 大塑膠尺 | 壓克力板 |
| 圖示 | | | | |

圖 19 不同的牆壁材質

實驗四、探討不同的風扇是否有足夠的推動力讓小火車前進

(一) 選擇三種常見小風扇測試了兩種馬達，一個轉速是4000RPM，雖然可以推動小火車前進，但是速度緩慢；一個轉速是6000-8000RPM，可以讓小火車快速前進，所以選用轉速較強的馬達。

(二) 實驗四之一：探討不同的風扇影響車速的情形

實驗步驟：

- 準備三種風扇，分別裝置在壓克力板車體上，如圖20。
- 以壓克力板牆壁做測試，觀察小火車使用不同的風扇時，前進36.0cm所花的時間，以碼表各測量十次後計算平均值。

| | | | |
|------|--------|--------|------|
| 風扇種類 | 黃色塑膠風扇 | 白色塑膠風扇 | 泡棉風扇 |
| 圖示 | | | |

圖 20 不同的風扇

(三) 實驗四之二：控制葉片長度為2.0cm，探討不同的風扇影響車速的情形

實驗步驟：

- 準備三種風扇（葉片長度為2.0cm），分別裝置在壓克力板車體上，如圖21。
- 以壓克力板牆壁做測試，觀察小火車使用不同風扇時，前進36.0cm所花的時間，以碼表各測量十次後計算平均值。

| | | | |
|------|------------|------------|-------------|
| 風扇材質 | 葉片2.0cm黃風扇 | 葉片2.0cm白風扇 | 葉片2.0cm泡棉風扇 |
| 圖示 | | | |

圖 21 不同的風扇（葉片長度皆為2.0cm）

設計理念二：利用長方形磁鐵緊密黏貼的磁軌道效果最好，但是一個一個貼磁鐵太花費時間，若改用長條磁鐵，可節省黏貼時間，車速是否也可以很快。

實驗五、探討小火車在長方形磁鐵軌道和長條磁鐵軌道上前進的速度

(一) 比較小火車在長方形磁鐵和長條磁鐵兩種不同軌道上前進的速度。

(二) 實驗步驟：

- 準備22個長方形磁鐵和三條30.0cm長的長條磁鐵，黏貼成45.0cm磁軌道，以壓克力板為牆壁，如圖22。

| | | |
|-------|-------|------|
| 磁軌道種類 | 長方形磁鐵 | 長條磁鐵 |
| 圖示 | | |

圖 22 長方形磁鐵軌道與長條磁鐵軌道的比較

- 用壓克力板車體做測試，觀察小火車在兩種磁軌道上的懸浮高度，並以碼表測量小火車前進36.0cm所花的時間，各測量十次後計算平均值。

實驗六、探討長條磁鐵軌道的厚度是否影響小火車前進的速度

(一) 如果將長條磁鐵疊成二層或三層，是否可以增強磁力讓小火車行進速度更快？

(二) 實驗步驟：

- 用長條磁鐵分別做成一層、二層、三層厚的磁軌道，以壓克力板為牆壁，如圖23。

| | | | |
|-------|------|------|------|
| 磁軌道厚度 | 一層磁鐵 | 二層磁鐵 | 三層磁鐵 |
| 圖示 | | | |

圖 23 不同厚度的磁軌道

- 用壓克力板車體做測試，觀察小火車在三種磁軌道上的懸浮高度，並以碼表測量小火車前進36.0cm所花的時間，各測量十次後計算平均值。

研究三、探討利用其他動力推動磁浮小火車

(一) 利用重力使小火車前進--重力磁浮小火車

實驗步驟：

- 將磁軌道的一端分別以木條墊高1.5cm、3.0cm、4.5cm、6.0cm，形成斜坡如圖24，讓小火車因為重力而往下滑動。（小火車重量96.2gw）
- 用碼表測量小火車前進36.0cm所花的時間，各測量十次後計算平均值。

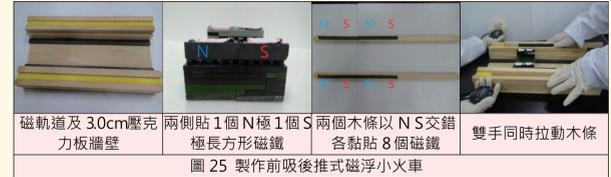
| | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| 墊高高度 | 1.5cm | 3.0cm | 4.5cm | 6.0cm |
| 圖示一 正面圖 | | | | |
| 圖示二 側面圖 | | | | |

圖 24 不同高度的斜坡

(二) 利用磁力推動使小火車前進--前吸後推式磁浮小火車

實驗步驟：

- 用長條磁鐵製作45.0cm磁軌道，牆壁以長45.0cm、寬3.0cm的壓克力板製作。
- 用樂高積木做成長9.5cm、寬8.0cm、高5.0cm的凹字型長方形車體，底部兩側黏貼長方形磁鐵，讓車體懸浮於磁軌道上，在車體兩側上半部以N極S極交錯方式各黏貼2個長方形磁鐵（小火車重量138.5gw）。
- 再把16個長方形磁鐵以N極S極交錯方式（一邊8個），分別黏貼在兩個木條上。
- 將木條分別放在牆壁兩側上方，雙手同時拉動木條。裝置及操作如圖25。
- 四人分別拉動木條，以碼表測量小火車前進36.0cm所花的時間，各測量五次後計算平均值。



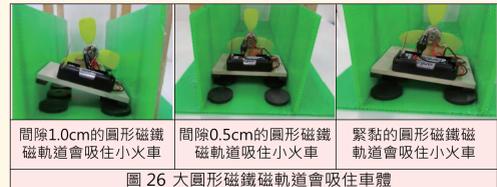
伍、研究結果

研究一、磁浮小火車的製作方法及車速測量的方法

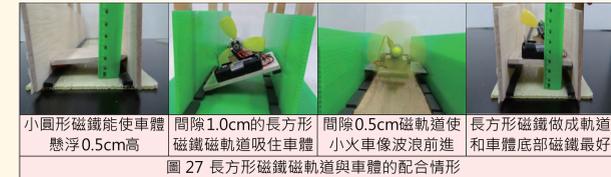
(一) 製作磁軌道和車體底部磁鐵的黏貼方式

實驗結果：

- 大圓形磁鐵面積大、磁力強，上下磁極太靠近，所以不管排列有間隙1.0cm或0.5cm，或是緊黏在一起，都會吸住四種車體，無法讓小火車懸浮，如圖26。



- 長方形磁鐵磁軌道緊密黏貼，車體底部磁鐵也為長方形磁鐵時，車體十分平穩，前進速度最快。長方形磁鐵磁軌道與車體的配合情形如圖27。



(二) 軌道兩側牆壁的固定方法

實驗結果：磁軌道的底板要用薄木板，軌道兩側牆壁要用厚木板輔助固定，牆壁才能保持平行並與底板垂直。

(三) 製作小火車車體的方法

實驗結果：可以用常見的樂高積木、塑膠瓦楞板、薄木板、珍珠板、壓克力板等材質來製作車體，車體長寬需配合軌道寬度和黏貼底部兩側磁鐵的長度。將馬達風扇和電池盒黏在車上，需用水平儀調整車體平衡。

(四) 調整車體平衡的方法

實驗結果：調整車體平衡時，注意風扇不可打到車體及牆壁；黏貼馬達及電池盒時，用水平儀調整馬達或電池盒的位置，讓車體平衡後，再黏貼固定。

(五) 操作小火車前進及車速的測量方法

實驗結果：除了用碼表測量車速外，也可利用HD攝影機錄影後，再以電腦軟體Windows Movie Maker分析，可以準確測量車速。

研究二、探討影響磁浮小火車前進速度的因素

實驗一、車體與牆壁間隙是否影響小火車前進的速度，結果如表3。

表3 不同間隙的實驗結果

| | | | |
|------|----------------|---------------|-----------|
| 間隙大小 | 4.0mm | 2.0mm | 0.5~1.0mm |
| 懸浮情形 | 車體傾斜較大 | 車體傾斜較小 | 車體保持水平 |
| 結果 | 可以懸浮，但車體傾斜吸住軌道 | 可以懸浮前進，但車體會震動 | 可以平穩懸浮前進 |

實驗結果發現：

當車體一側與牆壁間隙為4.0mm時，車體傾斜較大，容易被磁軌道吸住；間隙等於2.0mm時，車體傾斜較小，前進時會震動；間隙在0.5~1.0mm時，車體最平穩，前進速度快，如圖28。



實驗二、車體材質是否影響小火車前進的速度

實驗二之一：車體兩側摩擦力相同時，車體重量影響車速的情形，結果如表4。

表4 平均時間

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 時間/次數 | 薄木板 | 塑膠瓦楞板 | 珍珠板 | 壓克力板 | 樂高積木 |
| 第一次 | 1' 59 | 1' 22 | 1' 12 | 1' 16 | 1' 28 |
| 第二次 | 1' 66 | 1' 15 | 1' 22 | 1' 03 | 1' 35 |
| 第三次 | 1' 65 | 1' 10 | 1' 16 | 1' 03 | 1' 35 |
| 第四次 | 1' 62 | 1' 28 | 1' 06 | 1' 15 | 1' 09 |
| 第五次 | 1' 66 | 1' 12 | 1' 09 | 1' 13 | 1' 47 |
| 第六次 | 1' 59 | 1' 22 | 1' 05 | 1' 10 | 1' 09 |
| 第七次 | 1' 60 | 1' 12 | 1' 16 | 1' 19 | 1' 35 |
| 第八次 | 1' 62 | 1' 21 | 1' 22 | 1' 12 | 1' 03 |
| 第九次 | 1' 57 | 1' 16 | 1' 21 | 1' 12 | 1' 22 |
| 第十次 | 1' 63 | 1' 16 | 1' 22 | 1' 16 | 1' 13 |
| 平均時間 | 1' 62 | 1' 17 | 1' 15 | 1' 12 | 1' 24 |

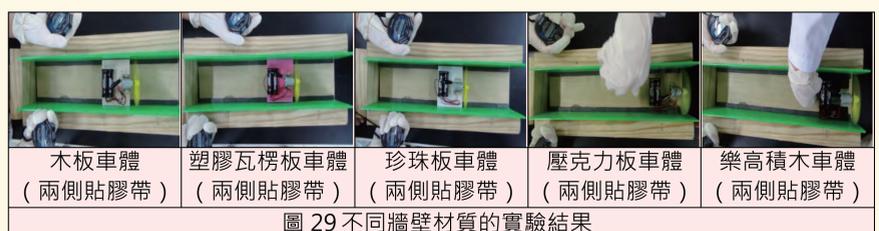
表4 不同車體兩側貼膠帶的實驗結果（以塑膠瓦楞板牆壁測試）

| | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 車體材質種類 | 薄木板 | 塑膠瓦楞板 | 珍珠板 | 壓克力板 | 樂高積木 |
| 重量 (gw) | 100.0 | 94.0 | 96.0 | 108.0 | 117.0 |
| 懸浮高度 (cm) | 1.5 | 1.8 | 1.5 | 1.6 | 1.4 |
| 平均時間 (sec) | 1' 62 | 1' 17 | 1' 15 | 1' 12 | 1' 24 |

附註：平均時間（小火車跑36.0cm所花的時間），時間越短車速越快，如表5。

由實驗二之一結果發現：

- 當車體兩側摩擦力相同時，不同車體材質的車速由快而慢依序為壓克力板車體、珍珠板車體、塑膠瓦楞板車體、樂高積木車體、木板車體。操作如圖29。
- 車體越輕，小火車容易搖晃，結果車速不一定越快。



實驗二之二：車體重量相同時，車體兩側摩擦力影響車速的情形，結果如表6。

表6 不同車體材質（重量相同）的實驗結果（以塑膠瓦楞板牆壁測試）

| 車體材質種類 | 薄木板 | 塑膠瓦楞板 | 珍珠板 | 壓克力板 | 樂高積木 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 重量 (gw) | 117.0 | 117.0 | 117.0 | 117.0 | 117.0 |
| 懸浮高度 (cm) | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 |
| 平均時間 (sec) | 3" 29 | 2" 32 | 2" 09 | 1" 08 | 1" 47 |

附註：平均時間（小火車跑36.0cm所花的時間），時間越短車速越快，如表7。

表7 平均時間

| 時間次數 | 材質 | 薄木板 | 塑膠瓦楞板 | 珍珠板 | 壓克力板 | 樂高積木 |
|------|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 第一次 | | 3" 15 | 2" 49 | 2" 25 | 0" 97 | 1" 38 |
| 第二次 | | 3" 33 | 2" 53 | 2" 12 | 1" 15 | 1" 19 |
| 第三次 | | 3" 28 | 2" 47 | 2" 22 | 1" 06 | 1" 25 |
| 第四次 | | 3" 19 | 2" 16 | 2" 28 | 1" 09 | 1" 68 |
| 第五次 | | 3" 18 | 2" 21 | 2" 09 | 0" 99 | 1" 22 |
| 第六次 | | 3" 12 | 2" 16 | 2" 06 | 0" 94 | 1" 35 |
| 第七次 | | 3" 31 | 2" 17 | 2" 03 | 1" 18 | 1" 44 |
| 第八次 | | 3" 37 | 2" 28 | 1" 94 | 1" 15 | 1" 25 |
| 第九次 | | 3" 47 | 2" 41 | 2" 00 | 1" 19 | 1" 28 |
| 第十次 | | 3" 51 | 2" 31 | 1" 94 | 1" 06 | 1" 31 |
| 平均時間 | | 3" 29 | 2" 32 | 2" 09 | 1" 08 | 1" 47 |

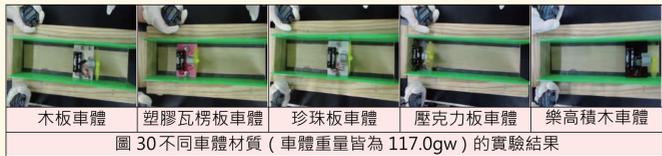


圖 30 不同車體材質（車體重量皆為 117.0gw）的實驗結果

實驗三、牆壁材質是否影響小火車前進的速度，結果如表8。

表8 不同牆壁材質的實驗結果（以壓克力板車體測試）

| 時間次數 | 材質 | 塑膠瓦楞板 | 薄木板 | 大塑膠尺 | 壓克力板 |
|------|----|-------|-------|-------|-------|
| 第一次 | | 0" 97 | 1" 22 | 0" 87 | 0" 79 |
| 第二次 | | 1" 15 | 1" 32 | 0" 81 | 0" 84 |
| 第三次 | | 1" 06 | 1" 18 | 0" 78 | 0" 81 |
| 第四次 | | 1" 09 | 1" 21 | 0" 88 | 0" 87 |
| 第五次 | | 0" 99 | 1" 22 | 0" 77 | 0" 71 |
| 第六次 | | 0" 94 | 1" 25 | 0" 85 | 0" 75 |
| 第七次 | | 1" 18 | 1" 14 | 0" 80 | 0" 83 |
| 第八次 | | 1" 15 | 1" 26 | 0" 79 | 0" 88 |
| 第九次 | | 1" 19 | 1" 19 | 0" 85 | 0" 80 |
| 第十次 | | 1" 06 | 1" 31 | 0" 81 | 0" 79 |
| 平均時間 | | 1" 08 | 1" 23 | 0" 82 | 0" 81 |

實驗結果發現：

1. 壓克力板車體在四種牆壁前進的速度由快而慢是：壓克力板牆壁、大塑膠尺牆壁、木板牆壁、塑膠瓦楞板牆壁。操作如圖31。
2. 壓克力板牆壁和大塑膠尺牆壁的平均時間幾乎一樣，兩者都是較好的牆壁材質選擇。

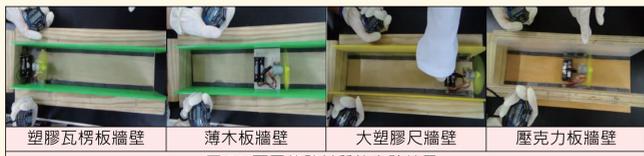


圖 31 不同牆壁材質的實驗結果

由攝影發現，每隔12公分觀測小火車前進速度，小火車在起步時速度較慢，然後持續加速，在第3段24.0~36.0cm時平均車速最快，如表9、圖32。從電腦軟體中得到下列記錄（取用一次壓克力板車體、塑膠瓦楞板牆壁的數據），如圖33。

表9 平均車速

| 距離 | 第1段 | 第2段 | 第3段 |
|---------------|---------|---------|-------|
| 0~12cm | 12~24cm | 24~36cm | |
| 平均車速 (cm/sec) | 25.53 | 36.36 | 52.17 |

| 距離 | 0 cm | 12cm | 24cm | 36cm |
|------------|------|------|------|------|
| 到達時間 (sec) | 0 | 0.47 | 0.80 | 1.03 |

圖 33 從電腦軟體得到由起點到終點小火車每前進 12cm 所花的時間

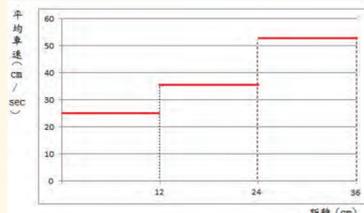


圖 32 平均車速

實驗四、不同的風扇是否有足夠的推動力讓小火車往前進

實驗四之一：不同的風扇影響車速的情形，結果如表10。

表10 不同風扇的實驗結果

| 時間次數 | 種類 | 黃色塑膠風扇 | 白色塑膠風扇 | 泡棉風扇 |
|------|----|--------|--------|-------|
| 第一次 | | 0" 79 | 1" 06 | 1" 21 |
| 第二次 | | 0" 84 | 0" 87 | 1" 50 |
| 第三次 | | 0" 81 | 0" 97 | 1" 57 |
| 第四次 | | 0" 87 | 0" 94 | 1" 51 |
| 第五次 | | 0" 71 | 0" 88 | 1" 83 |
| 第六次 | | 0" 75 | 1" 00 | 1" 63 |
| 第七次 | | 0" 83 | 0" 97 | 1" 46 |
| 第八次 | | 0" 88 | 0" 94 | 1" 54 |
| 第九次 | | 0" 80 | 1" 06 | 1" 42 |
| 第十次 | | 0" 79 | 1" 05 | 1" 55 |
| 平均時間 | | 0" 81 | 0" 97 | 1" 52 |

實驗結果發現：黃色塑膠風扇的推動力最好，其次是白色塑膠風扇、泡棉風扇。操作如圖34。

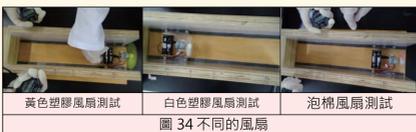


圖 34 不同的風扇

實驗四之二：控制葉片長度為2.0cm，不同的風扇影響車速的情形，結果如表11。

表11 不同風扇（葉片長度為2.0cm）的實驗結果

| 時間次數 | 種類 | 葉片2.0cm黃風扇 | 葉片2.0cm白風扇 | 葉片2.0cm泡棉風扇 |
|------|----|------------|------------|-------------|
| 第一次 | | 1" 37 | 1" 06 | 1" 60 |
| 第二次 | | 1" 29 | 0" 87 | 1" 65 |
| 第三次 | | 1" 34 | 0" 97 | 1" 56 |
| 第四次 | | 1" 31 | 0" 94 | 1" 78 |
| 第五次 | | 1" 37 | 0" 88 | 1" 75 |
| 第六次 | | 1" 35 | 1" 00 | 1" 69 |
| 第七次 | | 1" 34 | 0" 97 | 1" 66 |
| 第八次 | | 1" 31 | 0" 94 | 1" 54 |
| 第九次 | | 1" 34 | 1" 06 | 1" 75 |
| 第十次 | | 1" 41 | 1" 05 | 1" 75 |
| 平均時間 | | 1" 34 | 0" 97 | 1" 67 |

實驗結果發現：

1. 控制葉片長度為2.0cm時，使用白色塑膠風扇時的車速最快，其次是黃色塑膠風扇，泡棉風扇最慢。操作如圖35。
2. 黃色塑膠風扇葉片長度為4.0cm時比2.0cm時速度快。

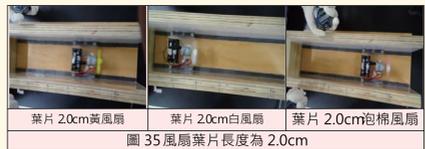


圖 35 風扇葉片長度為 2.0cm

實驗五、小火車在長方形磁鐵軌道和長條磁鐵軌道上前進的速度，結果如表12。

表12 兩種磁鐵軌道的實驗結果

| 磁鐵種類 | 長方形磁鐵 | 長條磁鐵 |
|------------|-------|-------|
| 磁力 | 較強 | 較弱 |
| 懸浮高度 (cm) | 1.4 | 1.0 |
| 平均時間 (sec) | 0" 81 | 1" 09 |

附註：平均時間（小火車跑36.0cm所花的時間），時間越短車速越快，如表13。

實驗結果發現：小火車在長方形磁鐵軌道的車速比長條磁鐵軌道的車速快。

實驗六、長條磁鐵軌道的厚度是否影響小火車前進的速度，結果如表14。

表14 不同厚度磁鐵軌道

| 磁鐵種類 | 一層磁鐵 | 二層磁鐵 | 三層磁鐵 |
|------------|-------|-------|-------|
| 磁力 | 最弱 | 較強 | 最強 |
| 懸浮高度 (cm) | 1.0 | 1.2 | 1.4 |
| 平均時間 (sec) | 1" 09 | 0" 87 | 0" 85 |

附註：平均時間（小火車跑36.0cm所花的時間），時間越短車速越快，如表15。

實驗結果發現：壓克力板車體在三層磁鐵的軌道上車速最快，其次是一層磁鐵的軌道上車速最慢。

研究三、探討利用其他動力推動磁浮小火車

(一) 利用重力使小火車前進--重力磁浮小火車，結果如表16。

表16 不同高度小火車往下滑36cm的實驗結果

| 時間次數 | 高度 | 1.5cm | 3.0cm | 4.5cm | 6.0cm |
|------|----|-------|-------|-------|-------|
| 第一次 | | 1" 87 | 1" 22 | 0" 88 | 0" 75 |
| 第二次 | | 1" 92 | 1" 42 | 0" 78 | 0" 66 |
| 第三次 | | 2" 01 | 1" 38 | 0" 85 | 0" 57 |
| 第四次 | | 1" 84 | 1" 54 | 0" 84 | 0" 75 |
| 第五次 | | 1" 89 | 1" 19 | 0" 82 | 0" 78 |
| 第六次 | | 1" 92 | 1" 46 | 0" 73 | 0" 74 |
| 第七次 | | 2" 03 | 1" 26 | 0" 79 | 0" 64 |
| 第八次 | | 1" 88 | 1" 38 | 0" 78 | 0" 65 |
| 第九次 | | 1" 90 | 1" 29 | 0" 87 | 0" 68 |
| 第十次 | | 1" 82 | 1" 34 | 0" 90 | 0" 76 |
| 平均時間 | | 1" 91 | 1" 35 | 0" 82 | 0" 70 |

由實驗結果發現：軌道一端墊高的高度越高，小火車受重力影響越大，下滑時車速越快。操作如圖36。

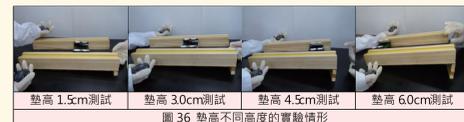


圖 36 墊高不同高度的實驗情形

(二) 利用磁力推動使小火車前進--前吸後推式磁浮小火車由四個組員分別拉動木條後，測量結果如表17。

表17 前吸後推式小火車的實驗結果

| 時間次數 | 名稱 | 組員一 | 組員二 | 組員三 | 組員四 |
|------|----|-------|-------|-------|-------|
| 第一次 | | 2" 75 | 3" 93 | 3" 75 | 3" 68 |
| 第二次 | | 3" 06 | 3" 60 | 3" 26 | 3" 66 |
| 第三次 | | 2" 90 | 4" 06 | 2" 09 | 2" 12 |
| 第四次 | | 2" 75 | 3" 47 | 1" 47 | 2" 25 |
| 第五次 | | 3" 53 | 3" 57 | 1" 43 | 2" 74 |
| 平均時間 | | 3" 00 | 3" 73 | 2" 40 | 2" 89 |

實驗結果發現：

1. 每個組員拉動的力量不同，結果差異較大。實驗操作如圖37。
2. 拉動木條時，可以清楚感覺到木條上的磁鐵吸引小火車前進。當慢慢拉時，車子很平穩但速度太慢；如果快速拉動時，磁鐵無法吸引小火車，小火車只有晃動無法前進，所以同學想搶快反而操作失敗。

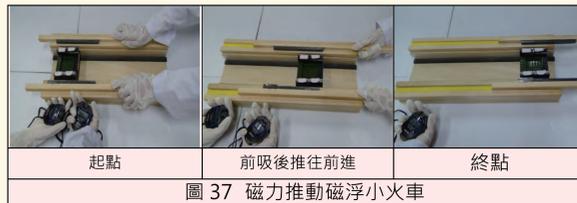


圖 37 磁力推動磁浮小火車

請班上同學玩前吸後推式磁浮小火車，覺得把樂高積木拼成磁浮小火車真是新奇，下課常常有同學來操作，比賽誰的車速比較快，是一個有趣又好玩的科學玩具。

小火車前進原理示意圖

如圖38：前吸後推

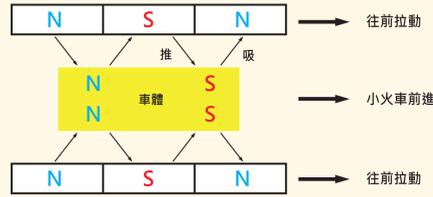


圖 38 小火車前進原理示意圖

陸、討論

- 一、黏貼磁軌道和車體底部兩側磁鐵：
(一) 一個一個黏貼磁軌道的磁鐵時，因為同極相斥，必須使用熱熔膠才能固定，並且擠出平均的膠量壓緊磁鐵，注意磁鐵是否平直，黏得很牢。
(二) 選用的磁鐵是以常用、容易取得的為主，黑板用的長條磁鐵磁力太弱，無法讓車體浮起，後來在製作磁鐵的工廠找到磁力較強的30.0cm長條磁鐵。
- 二、磁浮小火車應用的原理：
本實驗運用了**磁鐵相互排斥**的原理，讓小火車可以懸浮在空中；還有運用了**作用力等於反作用力的原理**，例如：手用力打牆壁（作用力），牆壁會給手一個反作用力，所以手會痛。同樣的道理，風扇往小火車後方吹時，會對空氣產生“作用力”，同時空氣也會對風扇產生“反作用力”推向風扇，所以小火車就被往前推進了。
- 三、磁浮小火車的推動力：
在實驗過程中有兩種小馬達，一個轉速是4000RPM，只能推動小火車緩慢前進，另一個轉速是6000-8000RPM，可以讓小火車快速前進，所以選用轉速較強的馬達；葉片長度1.0cm小風扇無法推動小火車，因此要加大風扇的扇葉；同時也要注意軌道兩側牆壁能否容納大風扇而不會打到牆壁；為配合電池盒，選擇4號電池，也可減少車體重量。
- 四、小火車前進方向的問題：
車子前進的方向與風扇葉片轉動的方向有關。如果風扇葉片順時針轉動，車子是向前進，那麼風扇葉片逆時針轉動，車子是向後退，所以當車子向後退時，只要將電線反接（電流方向改變），風扇葉片就會順時針轉動，車子自然向前進了。
- 五、牆壁的平行度與垂直度：
一開始選擇塑膠瓦楞板當作底板和牆壁，並用木條輔助固定，因為熱熔膠凝固速度很快，無法迅速做調整，常常會黏歪，後來改用厚木板作輔助固定，並改用保麗龍膠，使牆壁的平行度和垂直度更精準，車子可以更平穩快速前進。
- 六、換大風扇時調整車體平衡的原理：
當換上大風扇時，小火車會左右擺盪而碰撞牆壁，是因為大風扇旋轉時，會產生較明顯的旋轉力矩，如果風扇是向左轉，經由馬達的軸為中心，小火車右邊會往左上轉，只是遇到小火車左下方磁鐵的斥力，才又讓小火車向右轉，又遇到右下方磁鐵的斥力，小火車又往左轉，如此不停的擺盪造成小火車一直碰撞牆壁，在小火車的右邊簡單的增加重量，讓小火車的右邊不會往上翹起造成擺盪。
- 七、測量車速方法：
利用HD攝影機拍下小火車行進的情形，再利用電腦軟體Windows Movie Maker精確得知車速，並且可以進一步知道小火車在起步的第1段12.0cm車速最慢，第2段12.0cm車速更快，第3段12.0cm車速最快，可見**作用力越久，車子的速度越快**。
- 八、真正的磁浮列車的推進系統：
磁浮列車的推進系統(Propulsion System)是線性馬達，在沒有線性馬達下，嘗試在車體兩側上半部左右各黏貼N極與S極的長方形磁鐵，再用手拉動貼有N極與S極交錯磁鐵的木條，使得木條上磁鐵的S極與車上磁鐵的N極相吸，而木條上磁鐵的N極再與車上磁鐵的N極相斥，就會產生前吸後推的作用，使磁浮小火車前進。

柒、結論

- 一、磁浮小火車的製作方法及車速的測量方法：
(一) 將長方形磁鐵緊密黏貼製作磁軌道和車體底部磁鐵，磁軌道底板為薄木板，軌道兩側要有牆壁，以厚木板固定，使牆壁平行並與底板垂直，車體上黏貼馬達風扇和電池盒，用水平儀調整車體平衡，讓小火車平穩懸浮於空中，再打開風扇推動前進。
(二) 車速的測量方法可用碼表測量或用HD攝影機錄影後，以電腦軟體Windows Movie Maker分析得到車速。
- 二、想要讓小火車更快速前進，可以採用下列方法：
(一) 車體一側與牆壁緊靠，另一側與牆壁間隙必須保持在0.5~1.0mm，才能使小火車平穩快速前進。
(二) 車體材質選擇光滑的壓克力板最好，如果沒有壓克力板，可選用較輕的塑膠瓦楞板或珍珠板代替。
(三) 牆壁材質也是選擇光滑的壓克力板最好，如果沒有壓克力板，可選用大塑膠尺，也可讓磁浮小火車快速前進。
(四) 小火車可以用黃色塑膠風扇、白色塑膠風扇或泡棉葉片風扇推動，以葉片長度4.0公分的黃色塑膠風扇的推動力最好。
(五) 以長條磁鐵來做磁軌道，疊成三層時車速比一層時還快；疊成三層的長條磁鐵車速雖然沒有比長方形磁鐵軌道車速來得快，但是可以省下黏貼磁鐵的時間，更快速完成磁浮小火車。
- 三、利用重力讓小火車從斜坡上往下滑或用前吸後推式的磁力來推動磁浮小火車，也是相當有趣的科學玩具，還可減少使用電池，節約能源。

捌、參考資料

- 一、王純姬等（2015）.第二單元神奇磁力-載於自然與生活科技三上-新北市：康軒。
- 二、王純姬等（2016）.第四單元交通工具與能源-載於自然與生活科技四上-新北市：康軒。
- 三、王純姬等（2016）.第四單元奇妙的電路-載於自然與生活科技四下-新北市：康軒。
- 四、江丙森等（1991）.電氣與磁力之謎-臺北市：護幼社文化。
- 五、磁浮火車（2016）.維基百科。取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A3%81%E6%87%B8%E6%B5%AE%E5%88%97%E8%BB%8A>
- 六、磁浮列車原理（2016）.國立高雄師範大學附屬高級中學。取自 <http://nknush.kh.edu.tw/~art/technology/transportation/megareason.htm>
- 七、youtube影片「動手做好玩的磁浮列車模型」（2017）.Adion科學小教室-Model Maglev train 取自 <https://www.youtube.com/watch?v=WQ86sN6sBxc&t=8s>