

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

國小組

生活與應用科學科

科別：生活與應用科學

組別：國小組

作品名稱：不用加油的車子

關鍵詞：磁極的應用、線型馬達、未來的希望

編號：080807

學校名稱：

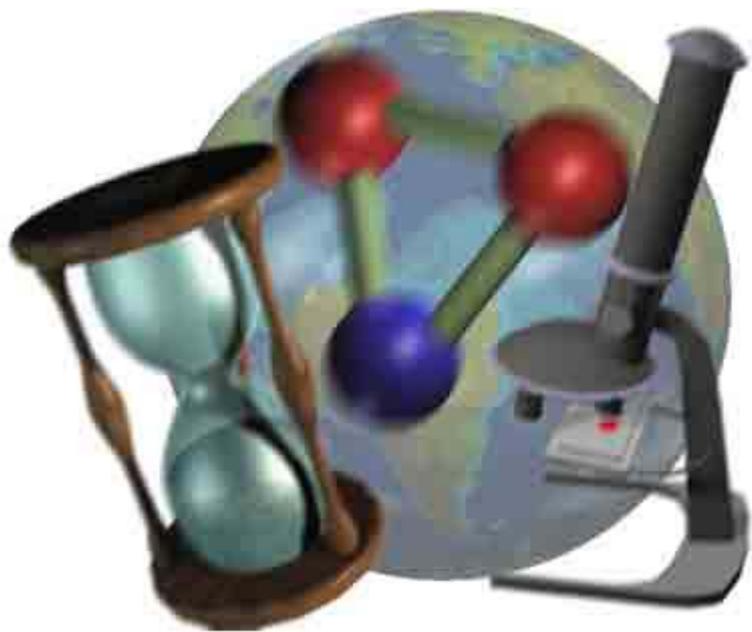
高雄市苓雅區凱旋國民小學

作者姓名：

林君翰、蕭建榮、陳子堯、謝滿泰

指導老師：

劉美玲



摘要

五下自然課本（康軒版）第二單元電磁鐵與電動機中，提到「電能」能透過線圈轉成「磁能」，產生磁力再轉變成「動能」使東西移動，於是激起我們想研究利用由電能 磁能 動能，使車子移動的念頭，透過大家搜集資料、實際操作實驗後，發現了以下的結果：

- 一、 磁浮車就是利用電與磁的交互作用使車體前進、後退，但這是須要非常強大的磁力，其最有效的方式則是以電磁鐵作為磁力的來源。
為了避免能量的損失，還須要以沒有電阻的超導體，來達成高效率的能量傳導。
- 二、 日本的磁浮車就是利用線型馬達使車子前進，但車子必須滑行到一定的速度才會飄浮，所以車底裝置車輪作為車子啟動及緊急煞車的輔助。
- 三、 目前我們無法使用超導體來傳導的高能量，於是改採以電磁鐵製成的簡易馬達，加裝車輪使車子前進，希望將來能研發出屬於我們自己的磁浮車。

壹、研究動機

上自然課教電磁鐵與電動機的單元時，老師要求五年級的每位同學，都要製作一個簡易的線型馬達電動機，並向我們介紹世界上最先進的磁浮車，就是利用線型馬達 N 極、S 極相斥、相吸的原理，使車體和兩側的軌道壁產生（前吸後推）的作用，使磁浮車高速前進，而且沒有噪音和空氣汙染。於是我們興致勃勃的想嘗試研究一部利用電能轉換成「磁能」、「動能」作為動力的車子，希望將來能提升交通運輸工具的品質，改善空氣、噪音的汙染，使臺灣邁向成為一個高度科技化的國家。

貳、研究目的

- 一、 探討電磁鐵和永久磁鐵構造及性質的異同。
- 二、 探討電磁鐵產生磁力大小及改變旋轉方向的方法。
- 三、 探討線型馬達和旋轉式馬達之間不同的構造原理和功能。
- 四、 探討二輪驅動、四輪驅動、齒輪傳動三種方式，比較車子移動的情形。
- 五、 探討二極、四極、六極的線型馬達因不同的磁場和極數，產生不同的動力，比較這三種型式的馬達車移動的快慢。

參、研究器材

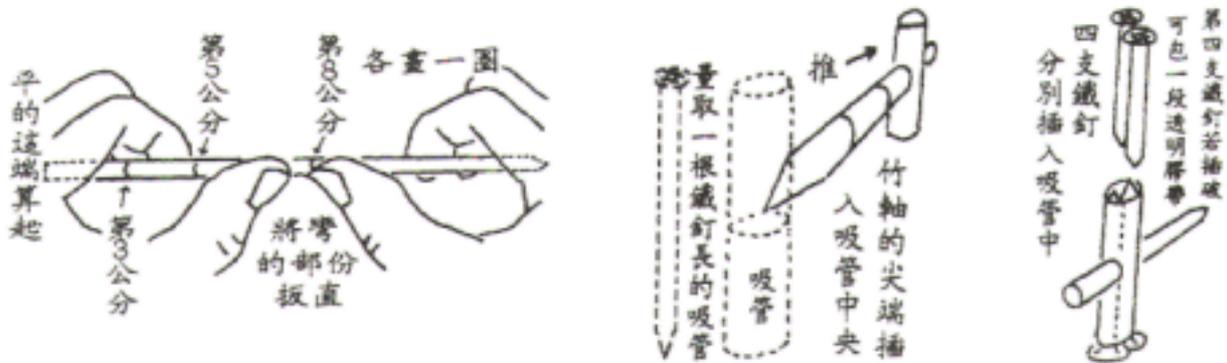
漆包線、三夾板、竹軸、吸管、鐵釘、砂紙、大小螺絲釘、磁鐵、電線、電刷、半圓銅片、竹軸架、磁鐵架、電池盒、乾電池、小車輪、塑膠齒輪、螺絲起子、剪刀、美工刀、白膠、電源開關

肆、研究過程

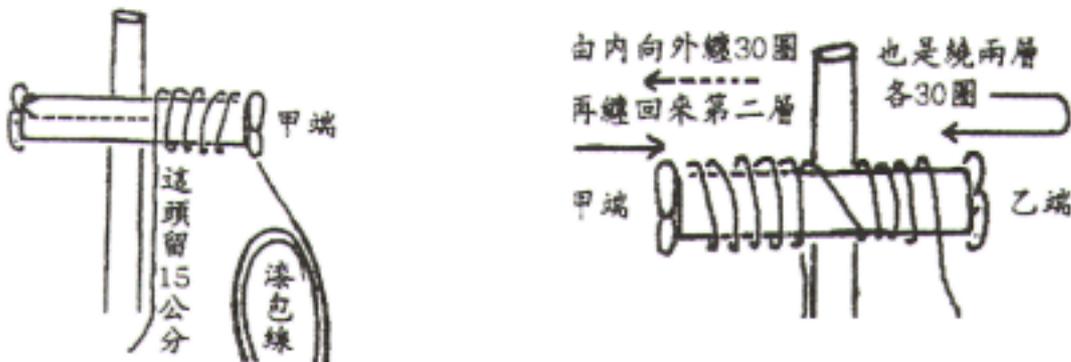
- 一、 研究：線型馬達（二極）和一般傳統的旋轉式馬達（三極），是不是具有的動力和性質？
（一）實驗：做一個簡易的二極線型馬達來觀察它的動力。

1. 方法：製作電磁鐵

- (1) 由竹軸平的那一端量起，約在 3、5、8 公分處個畫上記號，用來當作電磁鐵和整流器的位置。
- (2) 剪一支和鐵釘等長的吸管，把竹軸從吸管的中心點插入，並推到電磁鐵預定的位置。將四支鐵釘分別從吸管的兩邊插入，使其牢牢固定。

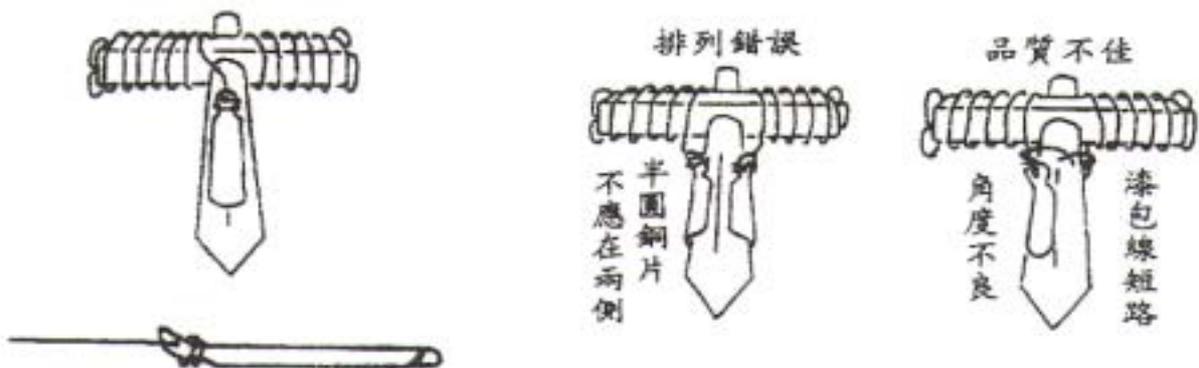


- (3) 用 0.6mm 的漆包線一端預留 15 公分，由軸心以順時針的方向向右纏繞 30 圈到頂端，再繞 30 圈回軸心共 60 圈。順著纏繞的方向，也在吸管的另一側以同樣的方法纏繞 60 圈回到軸心，留下 15 公分的漆包線，並將二端預留的漆包線用砂紙徹底刮淨絕緣漆。



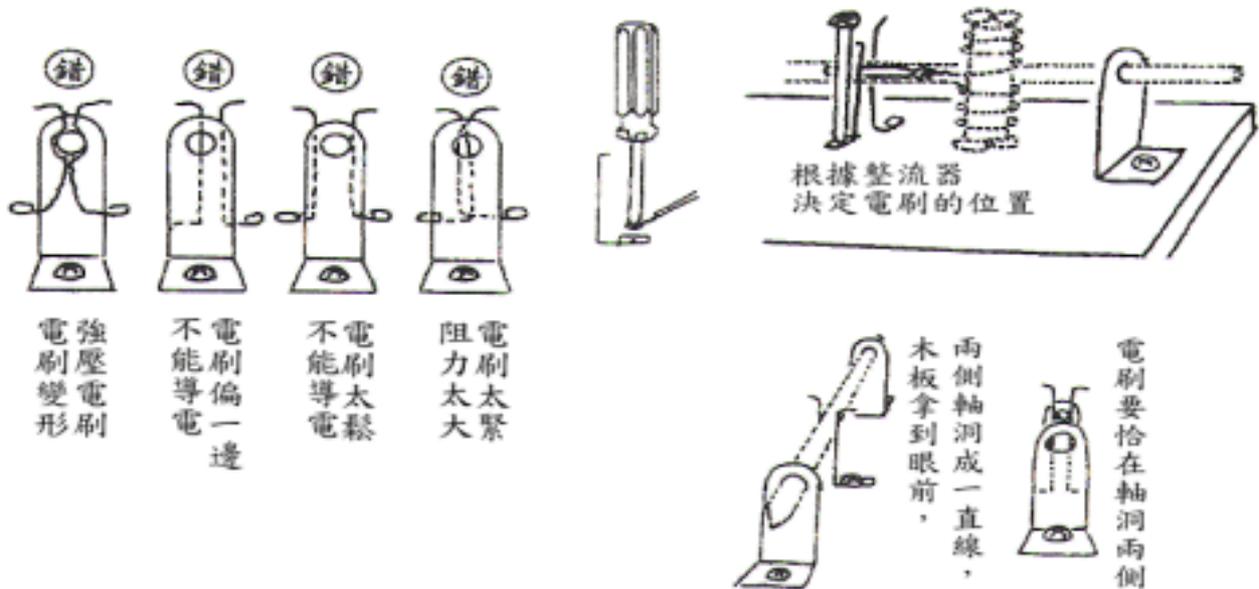
2. 方法：製作整流器

- (1) 把二枚半圓銅片上方的小孔折一角，在竹軸的預定記號處，用白膠把二枚銅片緊貼在電磁鐵平放時的正前方、正後方，二枚銅片不能碰觸在一起。
- (2) 把二端刮淨的漆包線，分別穿過銅片上折角的小孔，緊緊的纏繞幾圈。



3. 方法：製作電刷

- (1) 將竹軸放入固定在木板上軸架的孔中，根據整流器決定電刷在木板上的位置，取出竹軸並把二條電線的一端和二枚電刷柱軸孔的兩側，使二枚電刷既能接觸整流器，又不能夾得太緊，以免摩擦阻力太強。



4. 方法：組裝完成

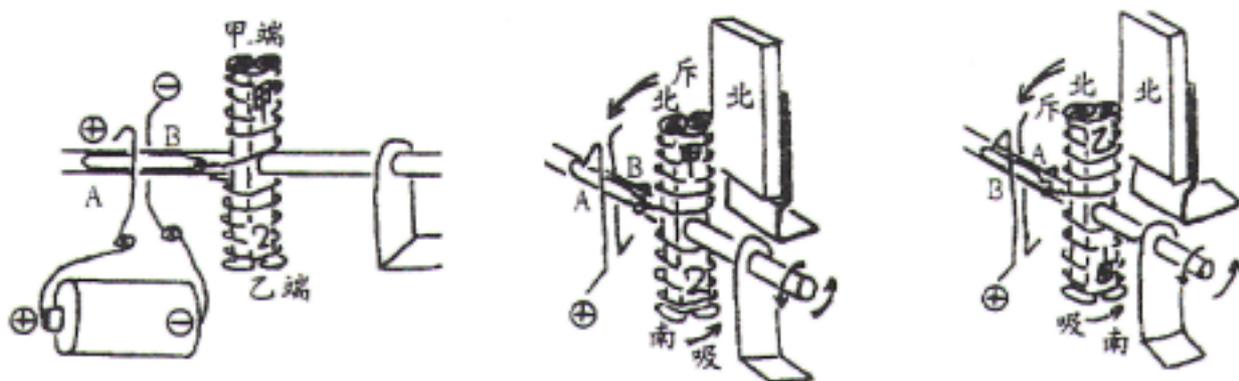
- (1) 把電磁鐵平放在竹軸上，二個磁鐵架固定在電磁鐵兩端的木板上，二塊磁鐵的內側要相吸。
- (2) 把電刷的二條電線分別和電池盒串聯好，這樣就完成了簡易的線型馬達。

5. 結果：

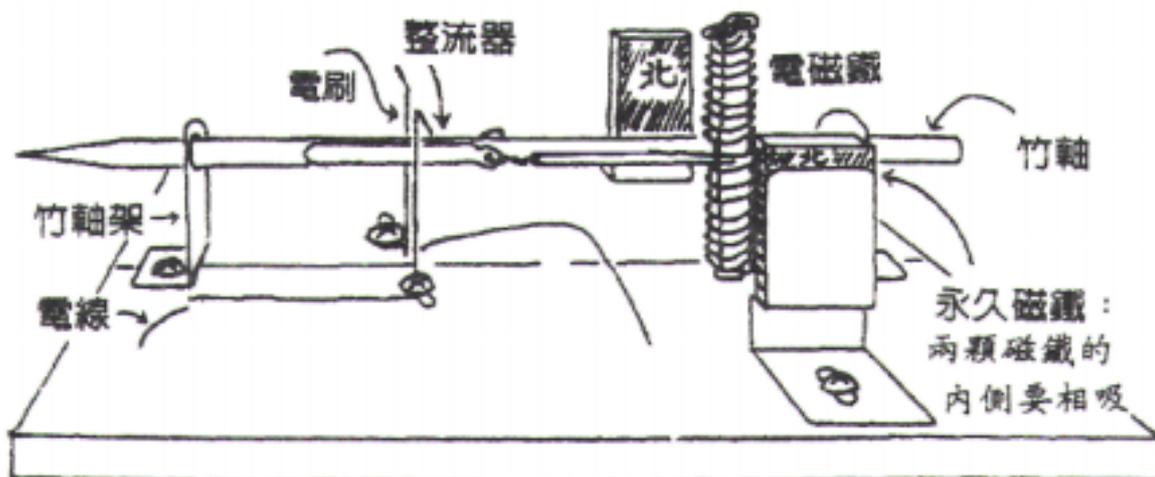
- (1) 把電池盒的開關一啟動，電磁鐵就快速的旋轉起來，開關一關馬上就停止旋轉。
- (2) 電磁鐵和一般磁鐵遺樣具有磁力，並可以電流加以控制。
- (3) 線型馬達和一般圓型馬達一樣也具有動力。

6. 原理：

- (1) 把電磁鐵的一端標示為甲，另一端標示為乙。再把整流器連接電池正極的標示為 A，連接負極的標示為 B。
- (2) 通電以後，電流由電刷出發，經整流器 A 再跑過電磁鐵甲端 再繞到電磁鐵乙端 回到整流器 B 最後回到電池。此時甲為北極、乙為南極，電磁鐵和永久磁鐵相斥、相吸的結果，使電磁鐵向左轉半圈。



(3) 轉半圈後，電磁鐵甲變成在下方，整流器 B 因為竹軸的轉動，也和左方的電刷接觸，於是電流方向變成了 B 乙 甲 A，電磁鐵的乙端變成北極，又和永久磁鐵的北極相斥，便又向左再旋轉半圈。



(4) 像這樣每旋轉半圈，電流在電磁鐵中就改變一次方向，無論電磁鐵的甲端或乙端，只要到了上方就是北極，到了下方就變成南極，這樣和永久磁鐵不斷的相斥、相吸，就旋轉不已而產生轉動力。

(二) 實驗：馬達線圈數的多少、電池盒串聯的數量和磁鐵磁力的大小，是否會影響馬達的動力？

1. 方法：繞 120 圈和 240 圈漆包線的電磁鐵，連接一個電池盒，比較兩者旋轉速度的快慢。

結果：240 圈的電磁鐵轉得比較快，120 圈的電磁鐵轉得比較慢。

2. 方法：繞 120 圈漆包線的電磁鐵，串聯二個、三個電池盒，比較兩者旋轉速度的快慢。

結果：串聯三個電池盒的電磁鐵轉得比較快，串聯二個電池盒的電磁鐵轉得比較慢。

3. 方法：在繞 120 圈漆包線電磁鐵二邊的磁鐵架上，各放置二個、三個磁鐵，比較兩者旋轉速度的快慢。

結果：放置三個磁鐵的電磁鐵轉得比較快，放置二個磁鐵的電磁鐵轉得比較慢。

(三) 實驗：改變電流的正負極和 磁鐵 N 極、S 極的位置，會不會改變馬達旋轉的方向？

1. 方法：把馬達上電刷和電池盒串聯的正負極改變，觀察馬達旋轉的方向是否會改變？

結果：馬達旋轉的方向和原來的方向相反。

2. 方法：把馬達二邊磁鐵架上磁鐵內側 N 極、S 極的位置改變，觀察馬達旋轉的方向是否會改變？

結果：馬達旋轉的方向和原來的方向也是相反。

二、 研究：利用二極線型馬達產生的動力，能不能帶動車子前進？

(一) 實驗：使用一座線型馬達，能不能帶動車子前進？

1. 方法：在木板的一邊裝置一座線型馬達，馬達的竹軸和另一邊的輪軸各加裝二個輪子。

2. 方法：用繞 240 圈漆包線的線型馬達串聯二個、三個電池盒作為動力。

結果：懸空時線型馬達可以快速的帶動輪子轉動，著地時馬達和輪子卻馬上靜止不動。

推想：一座馬達帶動二個輪子的動力不夠，無法使車子前進。

(二) 實驗：使用二座線型馬達，能不能帶動車子前進？

1. 方法：在木板左右兩邊各裝置一座線型馬達，馬達的二支竹軸各加裝二個輪子。

2. 方法：用繞 240 圈漆包線的線型馬達串聯二個、三個電池盒作為動力。

結果：懸空時二座線型馬達可以快速的帶動四個輪子轉動，但著地時馬達和輪子卻也是靜止不動。

推想：

(1) 四個輪子和地面接觸時，產生很大的摩擦阻力，使得輪子不能轉動。

(2) 若再增加動力使能大於摩擦阻力時，車子可能就會前進。

(3) 加裝齒輪也許可以增加帶動的力量。

三、 研究：利用線型馬達加裝齒輪組，是否能帶動車子前進？

(一) 實驗：用一座 240 圈漆包線的線型馬達，加裝一組大小齒輪，是否能增加動力使車子前進？

1. 方法：在木板的一邊裝置一座線型馬達，馬達的竹軸上裝置一個大齒輪，木板的兩邊裝置二支輪軸，馬達竹軸旁邊的輪軸上裝一個小齒輪，使大小齒輪固定嵌合能相互帶動。

2. 方法：串聯二個、三個電池盒作為動力。

結果：車子懸空時，大小齒輪相互帶動和輪子快速轉動都非常順暢，可是一著地後車輪卻又是停止轉動。

推想：可能一座線型馬達帶動一組大小齒輪的動力不夠。

(二) 實驗：用二座 240 圈漆包線的線型馬達，加裝二組大小齒輪，是否有足夠的動力來帶動車子？

1. 方法：在木板左右兩邊各裝置一座線型馬達，馬達的二支竹軸各加裝一個大齒輪，兩邊的輪軸上各裝上一個小齒輪，把左右兩邊的大小齒輪組固定嵌合，使其能相互帶動。

2. 方法：串聯二個、三個電池盒作為動力。

結果：同樣車子在懸空時，大小齒輪相互帶動和輪子快速轉動都非常順暢，可是一著地車輪卻又是停止轉動。

推想：

(1) 腳踏車是利用大齒輪帶動小齒輪的交通工具，雖然省時卻很費力。

(2) 線型馬達車用大齒輪帶動小齒輪，是不是因為費力，而使車子不能前進？

(3) 若以小齒輪組來相互帶動，可能會因為較省力而使車子前進。

(三) 實驗：用 240 圈漆包線的線型馬達，加裝小齒輪組，是否能增加動力使車子前進？

1. 方法：把實驗（一）的大齒輪換成小齒輪，然後串聯二個、三個電池盒作為動力。

2. 方法：把實驗（二）的大齒輪換成小齒輪，然後串聯二個、三個電池盒作為動力。

發現：二個齒輪相互帶動，馬達旋轉的方向，和帶動的輪子轉動的方向相反，若在二個齒輪之間加上惰輪，馬達和輪子轉動的方向則會一樣。

3. 方法：於是在本實驗中，小齒輪之間又多加裝了惰輪，使齒輪和惰輪能密切嵌合相互帶動。

結果：和前面的實驗一樣，車子懸空時齒輪和惰輪帶動車輪都非常順暢快速，一但著地馬上停止轉動，再懸空則又快速的旋轉起來，就這樣不斷的反覆。

推想：竹軸上的整流器使電磁鐵每轉半圈，就會改變一次磁極，二枚銅片之間的縫隙，使馬達瞬間無法一直維持快速的旋轉，電流有間歇性的中斷，導致動力不足而無法帶動車子前進。

四、研究：製作一座四極和一座六極的線型馬達看是否能帶動車子？

(一) 實驗：把二座二極的線型馬達，合併製成一座四極的線型馬達。

1. 方法：把二個 240 圈漆包線的電磁鐵在長竹軸的中央相向固定在一起，並使二個電磁鐵垂直成 90 度。

2. 方法：在二個電磁鐵下面的正前方和正後方黏貼二組整流器，四枚銅片把竹軸圍住，二組磁鐵架固定在電磁鐵旁，再把二組電刷串聯起來。

3. 方法：二組電刷的另一條電線分別和二個電池盒串聯，這樣就完成一座四極的線型馬達。

結果：由於整流器沒有縫隙電流不會間斷，二極的磁場變成四極的磁場，使馬達能夠持續快速旋轉增強了很大的動力，足以帶動車子在地面上移動，為了讓它跑得更快，我們決定採取下一步的行動。

(二) 實驗：把三座二極的線型馬達，合併製成一座六極的線型馬達。

1. 方法：因為擔心漆包線的電阻過大，導致電池盒過熱而融化，我們把原先使用 0.6mm 的漆包線改成 0.2mm 的漆包線，重新製作三個 720 圈漆包線的電磁鐵。

2. 方法：把三個電磁鐵同向併列固定在長竹軸上，使三個電磁鐵交叉成 60 度，電磁鐵之間預留整流器的位置，每組銅片都黏貼在每個電磁鐵下面的正前

方和正後方，六枚銅片旁固定三組電刷，並把串聯起來。

3. 方法：三組磁鐵架分別固定在三個電磁鐵旁，三組電刷的另一條電線，再和四個電池盒串聯好，這樣就完成了六極的線型馬達。

結果：

- (1). 原來線型馬達的四個磁極是垂直成 90 度，現在六個磁極交叉成 60 度使磁場更接近圓型，加上磁極、磁鐵、電流都增加，所以動力比四極的線型馬達還要來得更大。
- (2). 果然車子跑得更快了，真是不可思議！

伍、研究結果

從以上幾項的假設，經我們實際去研究，得到以下不同的結果：

- 一、 使用一座或二座的二極線型馬達，以二輪驅動或四輪驅動的方式，只能讓車輪快速轉動，而無法使車子前進。
- 二、 使用一座或二座的二極線型馬達，加裝一組或二組的大小齒輪，由大齒輪帶動小齒輪，以二輪或四輪驅動的方式，只能讓車輪快速轉動，無法使車子前進。
- 三、 使用一座或二座的二極線型馬達，加裝一組或二組的小齒輪組和惰輪，以二輪驅動或四輪驅動的方式，只能讓車輪快速轉動，而無法使車子前進。
- 四、 使用二座的二極線型馬達，合併製成一座的四極線型馬達，以二輪驅動的方式，車子終於能夠在地面上移動了。
- 五、 使用三座的二極線型馬達，合併製成一座的六極線型馬達，加裝一組小齒輪組和惰輪，以二輪驅動的方式，車子果然跑得更快了。

陸、討論

- 一、 研究剛開始時我們很天真的想根據磁浮車的原理，模仿製造一輛磁浮車。我們嘗試用電磁鐵和永久磁鐵，設計實驗很多方式，結果完全失敗，我們才明白磁浮車是一種高科技的產品，不是我們的能力及現有的資源設備可以做到的。
- 二、 漆包線的粗細也是我們考慮的問題，因為怕漆包線太粗電阻過大造成能量的損失，甚至在通電流時會因過熱而使電線融化，於是我們決定在製作二極和四極的線型馬達時使用 0.6mm 的漆包線，製作六極的線型馬達時則使用 0.2mm 的漆包線。
- 三、 經過多次的實驗發現齒輪的輪齒數不可以太少，否則會因為間隔大密合度不好，而影響到齒輪帶動的功能，我們最後選用直徑 1.5cm 的小齒輪，才能完全固定密合相互帶動。
- 四、 倘若電磁鐵的竹軸較粗，四極和六極線型馬達的整流器銅片，無法圍住竹軸使之沒有縫隙，就必須製作八極或更多極的馬達，才不會使電流瞬間中斷。

柒、結論

綜合以上的實驗我們歸納了以下的結論：

- 一、 電磁鐵可透過線圈的多少、電流的強弱，來改變磁力的大小，永久磁鐵則不能夠改變。

- 二、 電磁鐵和電池串聯的正負極改變，或是永久磁鐵左右的磁極互換，都可以改變馬達旋轉的方向。
- 三、 線型馬達和圓型馬達一樣具有動力，線型馬達是以 N 極和 S 極使原本旋轉的磁場，變成直線進行的磁場，最先進的磁浮車就是利用線型馬達來鋪設軌道達到高速行駛的。
- 四、 二極的線型馬達因整流器有縫隙，導致電流會在瞬間中斷不能使馬達持續快轉，所以車子無法前進。
- 五、 只用齒輪相互帶動會使馬達和輪軸旋轉的方向相反，若中間加上惰輪帶動，則馬達和輪軸旋轉的方向才會一致。
- 六、 四極的線型馬達因四枚銅片圍住竹軸沒有縫隙，四個磁極成 90 度電流不會瞬間中斷，可使馬達持續快轉，這樣才有足夠的動力使車子前進。
- 七、 六極線型馬達的磁場更加強大而磁極、磁鐵、電流都增加，所以動力也相對的增強更多，才會使車子跑得更快了。

捌、參考資料

- 一、 國小五下自然課本（康軒文教事業）第二單元電磁鐵與電動機
- 二、 牛頓雜誌第 22 期
- 三、 光復科技百科全書
- 四、 日本財團法人鐵道技術研究所
URL：<http://www.rtri.or.jp/>
- 五、 動力機械軌道車
URL：<http://140.127.117.212/huang/Stephen/page/newpagel.htm>

評語：

本作品是源自於對磁浮車有興趣而產生研究的動機，雖然好像是一件天方夜譚的事，卻讓我們明白看似簡單的理論，做起來是那麼深奧，從這次的研究中我們了解漆包線的粗細會影響電阻的大小，以及二極線型馬達磁極的應用，它可以製作四極、六甚至更多極的馬達，這是傳統圓型三極馬達所不能夠的，線型馬達被使用於磁浮車行駛的構造上，我們仍然存有一分研發磁浮車的念頭，希望將來能藉由磁極的多元應用，創造屬於我們自己的磁浮車。

評語

- 1 採用二極、四極和六極的設計方式來增快電動機轉速，極富創意
- 2 實驗記錄詳實 研究方法明確可行。