

屏東縣第 60 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：**物理科**

組 別：**國小組**

作品名稱：**火車快飛，穿過山洞**

關鍵詞：**電磁鐵、線圈、磁極**

編號：

題目：火車快飛，穿過山洞

摘要

在自然課中我們學到電磁鐵的原理，瞭解線圈通電會產生磁力，於是我們開始改裝電磁鐵，經由改變不同繞圈數、不同材質，找出電磁線圈最強磁力的結構。其次我們再來研究電磁火車為什麼能前進、後退與靜止的原因，是電力太小？磁場問題？或者其他原因？依據所觀察到的現象，大膽假設小心求證，最後建立了線圈內部的磁場模型，並建立了火車前進與後退與加速的模型。

壹、研究動機—

電磁火車會運動的主要原因是磁力作用。乾電池的電流由強力磁鐵導引到銅線線圈而構成通路，電流通過產生感應磁場，而感應磁場的磁極方向與電池前端強力磁鐵同為 N 極，因此強力磁鐵被排斥而往左邊運動；反之，感應磁場與電池後端強力磁鐵為 S-N 極，磁鐵被吸引，也是往左邊運動，因此電磁火車就往左邊運動了。家維覺得很有趣，如何增加磁場間的作用力？使電磁火車的運動速度也隨之增加？一連串的疑問，家維利用上課時間請教老師，老師覺得很有趣，便召集同學一起展開研究。

貳、研究目的—

- 一、了解「電磁火車」組成構造與穿越線圈的原理。
- 二、探討磁極與線圈位能轉換的因素。
- 三、利用電磁鐵與線圈的原理製作簡易的電磁火車穿過山洞的科學玩具。
- 四、使科學生活化、生活科學化，並培養從事科學研究的正確方法與態度。

參、研究設備及器材—

漆包線、鐵線、銅線、強力磁鐵、乾電池、碼表、、、等。

肆、研究問題—

- 一、探討「電磁火車」組成構造與穿過線圈的原理。
- 二、探討「磁極改變」對電磁火車穿越線圈的影響
- 三、探討「線圈材質改變」對電磁火車穿越線圈的影響

四、探討「線圈圈數改變」對電磁火車穿越線圈的影響

五、探討「電壓大小」對電磁火車穿越線圈的影響

六、研究利用電磁鐵與線圈的原理製作簡易的火車穿越山洞的科學玩具，同時觀察在線圈內外速度不一的比較。

伍、研究過程或方法一

研究（一）探討「電磁火車」組成構造與穿過線圈的原理。

方法：1、製作電磁火車需要材料為銅線、乾電池及強力磁鐵，將銅線纏繞成適合乾電池通過的線圈軌道〈如圖 1、2、3〉。

2、將強力磁鐵分別吸附在乾電池正負極，再將電池放進銅線圈裡，電池就會化身成「電磁火車」，從另一端穿過而出〈如圖 4〉。

3、實際操作，觀察電磁火車行走的情形。

發現：1、纏繞銅線線圈時，需在長條的硬質管子上纏繞，避免扭曲或不平整。

2、銅線纏繞後的線圈中空口徑大小，要比強力磁鐵的直徑略大，電磁火車才能順利穿越〈如圖 6〉。

3、兩端強力磁鐵的磁極方向必須同極相對（N 極對 N 極），亦即互相靠近會排斥。

當吸附著磁鐵的電池進入銅線圈後，在銅線圈所形成的磁場中，與電磁體之間的相吸、相斥，造就了電池的移動〈如圖 7〉。

4、將電聯車（電池與強力磁鐵）放進銅線線圈，結果就會如同火車過山洞，電聯車會移動的穿越銅線圈，而且強力磁鐵使用越多顆，移動速度會加快！

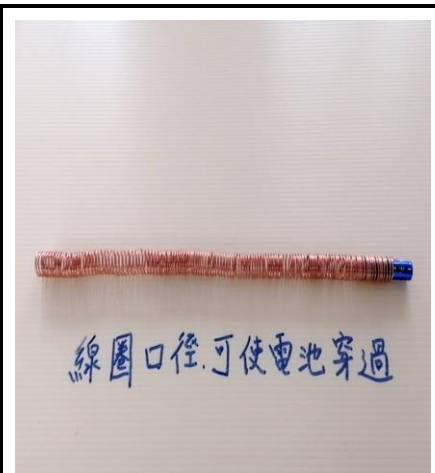
5、強力磁鐵會與線圈接觸並將電池中的電流導引到線圈上，使線圈產生感應磁場，磁場會與強力磁鐵(N 極)連接電池正極端產生斥力，並與電池負極端和電池後端強力磁鐵(N 極)產生吸引力〈如圖 8、9〉，當兩者受到磁力方向一致，電聯車會往前移動〈如圖 5〉。以下研究在探討各種變因對速度的影響。



圖〈1〉製作電磁火車材料為銅線、乾電池及強力磁鐵



圖〈2〉將銅線纏繞成線圈



圖〈3〉纏繞線圈口徑需大於乾電池口徑。



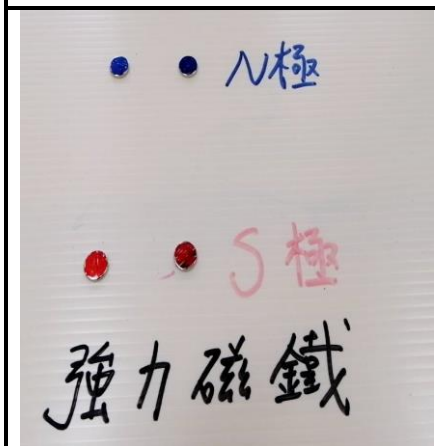
圖〈4〉強力磁鐵分別吸附在乾電池正負極



圖〈5〉強力磁鐵會與線圈接觸並將電池中的電流導引到線圈上, 使線圈產生感應磁場



圖〈6〉纏繞線圈口徑須讓乾電池穿過。



圖〈7〉兩端強力磁鐵的磁極方向必須同極相對 (N 極對 N 極)



圖〈8〉兩端強力磁鐵的磁極方向必須同極相對 (N 極對 N 極)

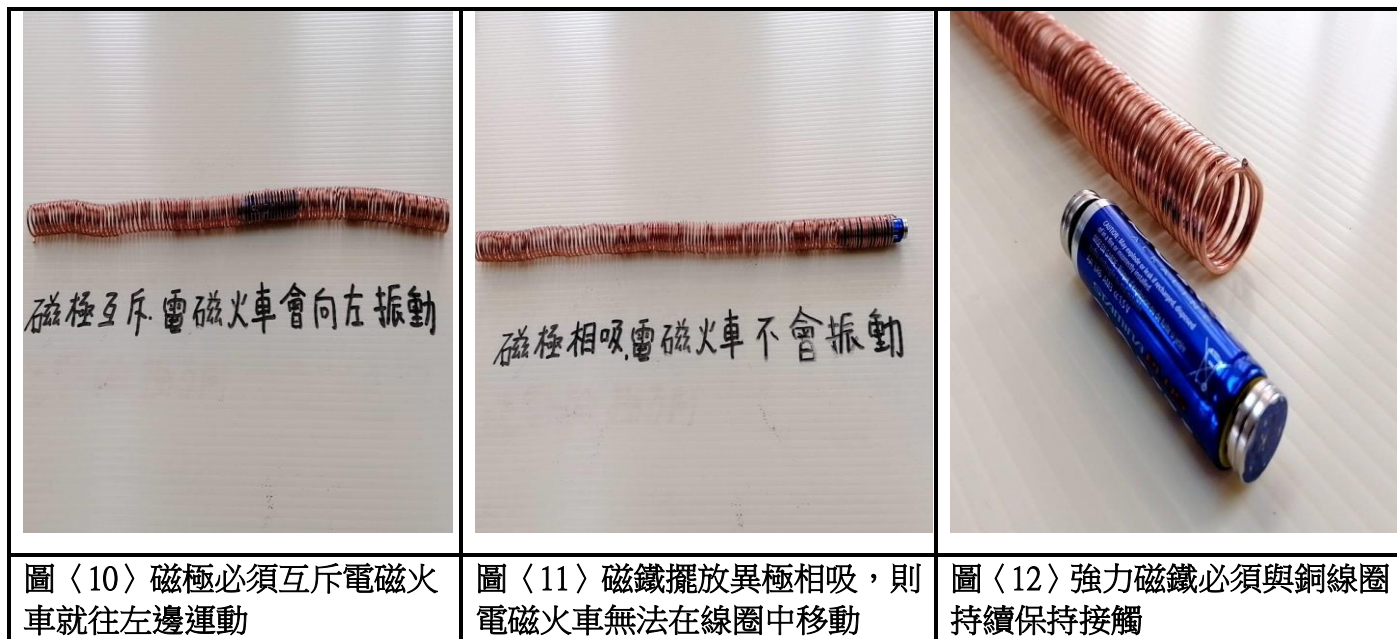


圖〈9〉磁極改變, 指北針的測試

研究（二）探討「磁極改變」對電磁火車穿過線圈的影響，並實際操作。

思索：在上述研究中，發現驅動電磁火車的作用力，是當電池與磁鐵結合進入線圈時，形成一個完整迴路。磁鐵磁場影響，電池後端和線圈迴路形成斥力；電池前端和線圈迴路形成拉力，電磁火車就會沿著固定方向前進。如果磁極改變，是否會改變前進的方向？

方法：1、將電池的正負極對調；
2、將兩端的磁鐵對調，成為 N-S 與 S-N。



發現：1、乾電池的電流由強力磁鐵導引到銅線線圈而構成通路，電流通產生感應磁場。而感應磁場的磁極方向與電池前端的強力磁鐵同為 N 極，因此強力磁鐵被排斥而往左邊運動。反之，感應磁場與電池後端強力磁鐵為 S-N 極，磁鐵被吸引，也是往左邊運動，因此電磁火車就往左邊運動了〈如圖 10〉。

2、電聯車的運動方向和電池正負極、強力磁鐵以及銅線圈的纏繞方向都有關係。

3、吸附在電池兩端的磁鐵，磁極必須互斥；若擺放異極相吸，則電磁火車無法在線圈中移動〈如圖 11〉。

4、在上述移動過程中，強力磁鐵必須與銅線圈持續保持接觸，以免電流斷路而無法產生感應磁場〈如圖 11〉。

研究（三）探討「線圈材質改變」對電磁火車穿越線圈的影響，並實際操作。

方法：1、研究不同材質的線圈，對磁力大小有什麼影響。

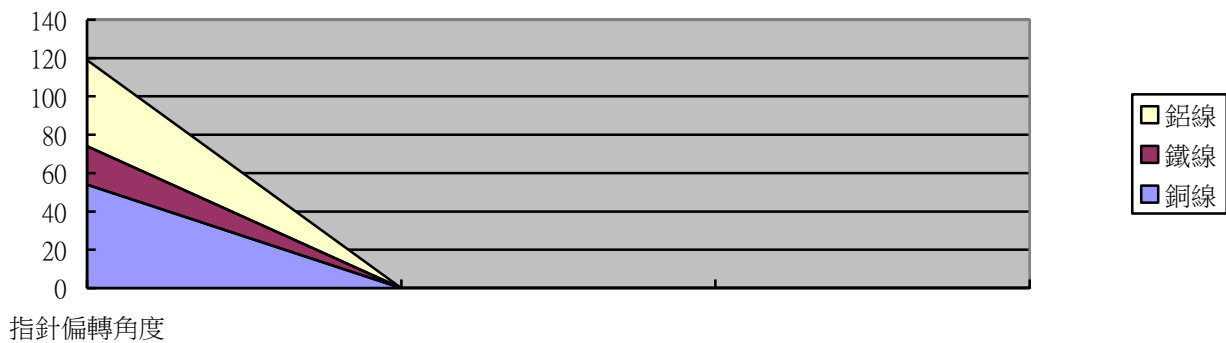
2、用三種材質〈鐵線、鋁線、銅線〉各繞200圈的線圈做實驗，看三者的指南針偏轉角度大小做比較〈如圖13、14、15〉。

3、三種材質的線圈對電磁火車移動速度的影響〈如圖16、17、18〉及表〈1〉〈2〉。



材質	銅線	鐵線	鋁線
次數			
第一次	振動，有發熱現象	不動	振動，有發熱現象
第二次	振動，有發熱現象	不動	振動，有發熱現象
第三次	振動，有發熱現象	不動	振動，有發熱現象
平均速率	無法測出	無法測出	無法測出
偏轉角度	54 度	20 度	45 度

表〈1〉



表〈2〉不同金屬材質線圈，指針偏轉角度

- 發現：**
- 1、電磁火車分別經過銅線線圈及鋁線線圈，都會產生振動及發熱現象。
 - 2、鐵絲會被磁鐵吸住，無法完全使電磁火車通過。
 - 3、從實驗中發現，電磁火車在自製的銅線圈及鋁線圈中只有振動現象，可能與線圈的緊密度及平整度有關，因此我們繼續以下的研究。

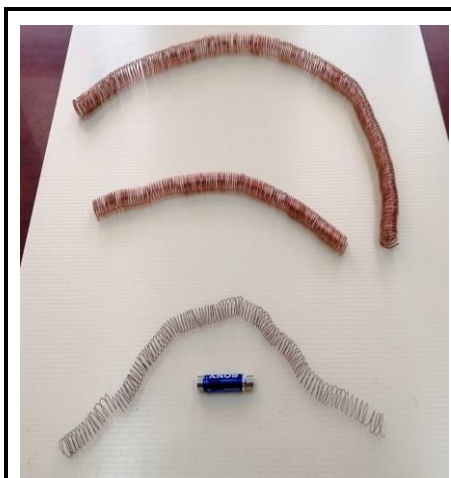
研究（四）探討「線圈圈數改變」對電磁火車穿越線圈的影響，並實際操作。

研究：研究銅線繞不同線圈數，對磁力大小有什麼影響。，以下是我們繼續的研究。

方法：1、在三個木柱上，各繞上50、100、150圈的銅線，只是改變線圈圈數，看三者的指南針偏轉角度大小做比較〈如圖19、20、21〉。

2、三種圈數的線圈對電磁火車移動速度的影響，如表〈2〉。

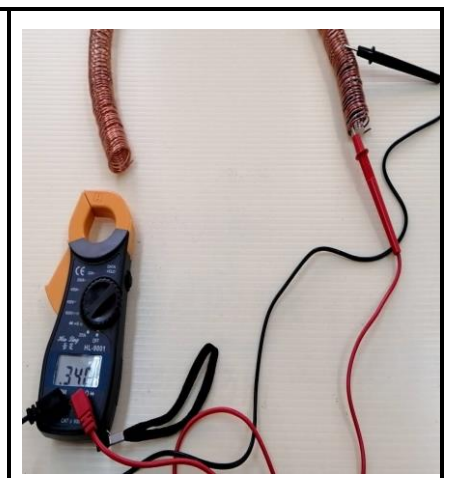
- 發現：**
- 1、線圈數愈多，偏轉角度愈大；可歸納線圈數愈多，磁力愈強。
 - 2、線圈軌道在製作時，必須適當緊密；若是過於疏鬆，電磁火車容易卡住，阻礙前進。



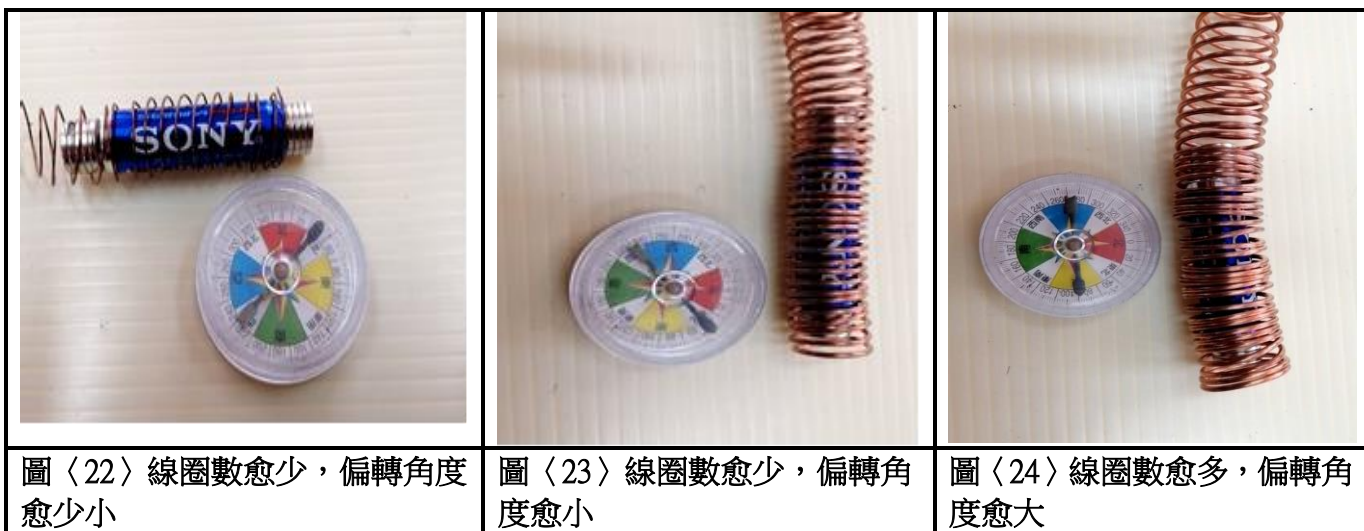
圖〈19〉銅線繞不同線圈數的比較



圖〈20〉線圈數愈少，磁力愈弱



圖〈21〉線圈數愈多，磁力愈強



圖〈22〉線圈數愈少，偏轉角度愈少小

圖〈23〉線圈數愈少，偏轉角度愈小

圖〈24〉線圈數愈多，偏轉角度愈大

材質 次數	50 圈數銅線	100 圈數銅線	150 圈數銅線
第一次	無振動，有發熱現象	振動，有發熱現象	振動，有發熱現象
第二次	無振動，有發熱現象	振動，有發熱現象	振動，有發熱現象
第三次	無振動，有發熱現象	振動，有發熱現象	振動，有發熱現象
偏轉角度	40 度	47 度	65 度

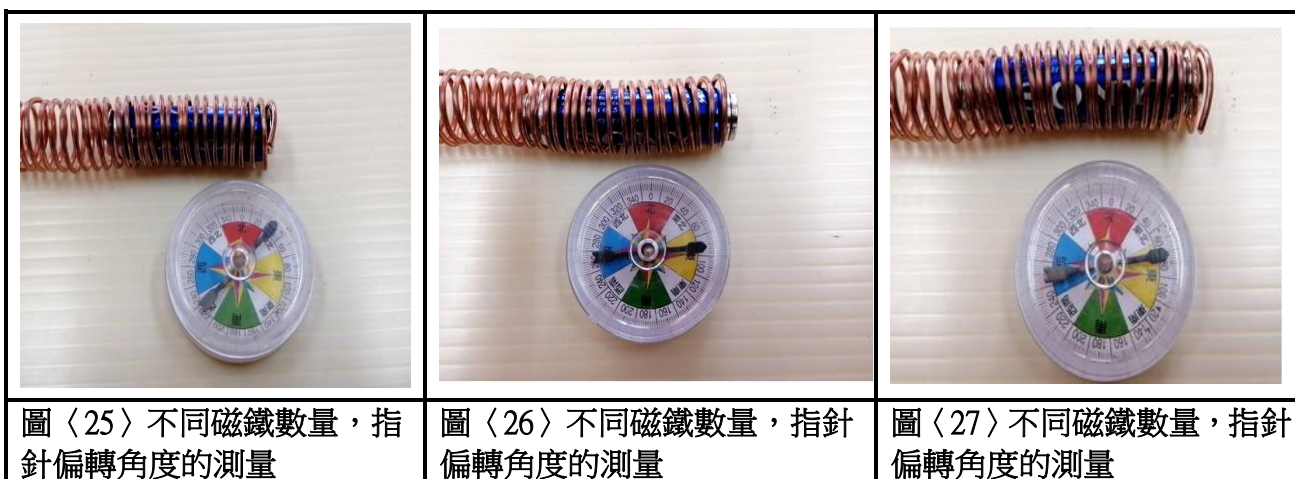
表〈3〉

研究（五）探討「電壓大小」對電磁火車穿越線圈的影響，並實際操作。

方法：1、將繞上 100 圈的銅線做為測試用的電磁火車軌道，分別將兩顆強力磁鐵吸附在電池兩端；將組裝好的電磁火車放進軌道，紀錄電磁火車在指針偏轉度數。

2、增加強力磁鐵數量，測量指針偏轉角度，並記錄電磁火車在指針偏轉度數〈如圖 25、26、27〉及表〈4〉〈5〉。

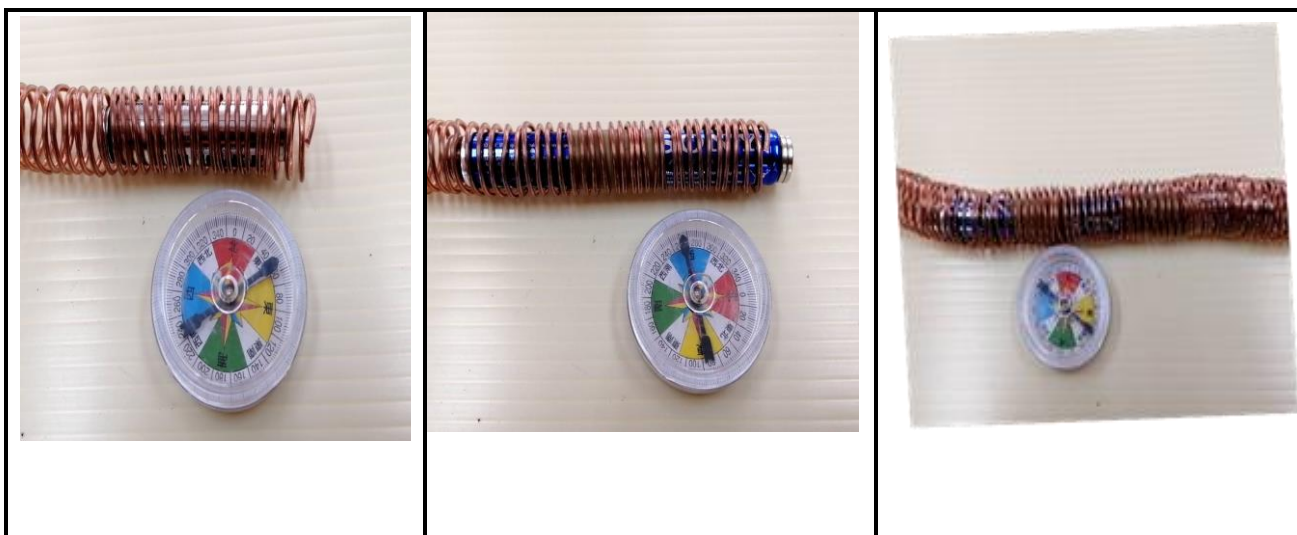
3、增加乾電池數量，測量針偏轉角度，並記錄電磁火車在指針偏轉度數〈如圖 28、29、30〉及表〈4〉〈5〉。



圖〈25〉不同磁鐵數量，指針偏轉角度的測量

圖〈26〉不同磁鐵數量，指針偏轉角度的測量

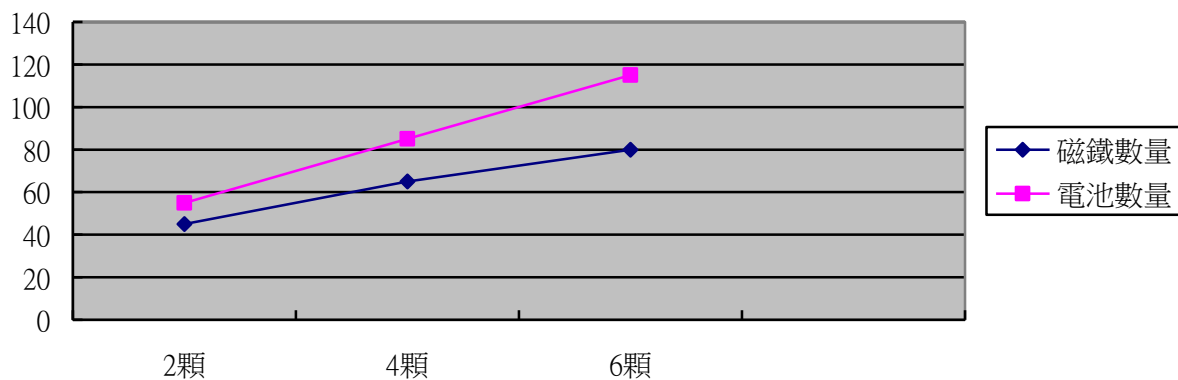
圖〈27〉不同磁鐵數量，指針偏轉角度的測量



圖〈28〉不同電池數量，指針偏轉角度的測量
 圖〈29〉不同電池數量，指針偏轉角度的測量
 圖〈30〉不同電池數量，指針偏轉角度的測量

磁鐵數量 移動時間	2 顆	4 顆	6 顆
第一次	振動，有發熱現象	振動，有發熱現象	振動，有發熱現象
第二次	振動，有發熱現象	振動，有發熱現象	振動，有發熱現象
第三次	振動，有發熱現象	振動，有發熱現象	振動，有發熱現象
平均速率	無法測出	無法測出	無法測出
偏轉角度	45 度	65 度	80 度
電池數量 移動時間	2 顆	3 顆	4 顆
第一次	振動，有發熱現象	振動，有發熱現象	振動，有發熱現象
第二次	振動，有發熱現象	振動，有發熱現象	振動，有發熱現象
第三次	振動，有發熱現象	振動，有發熱現象	振動，有發熱現象
平均速率	無法測出	無法測出	無法測出
偏轉角度	55 度	85 度	115 度

表〈4〉



表〈5〉磁鐵數量及電池數量增加，指針偏轉角度的變化

發現：1、電池兩端吸附的強力磁鐵越多，會增加磁場之間的作用力，使得電磁火車的振動幅度增強。




2、電池串聯越多，電壓增加，也會增加磁場之間的作用力，使得電磁火車的振動幅度增強；但無法行進，推測電池串聯反而增加本體重量，不利推動。

研究（六）研究利用電磁鐵與線圈的原理製作簡易的火車穿越山洞的科學玩具，同時觀察在線圈內外速度不一的比較。

思考：一般常見磁浮列車，其運行模式為電聯車本體在兩並排線圈上移動，與本研究電磁火車本體在線圈內移動，這兩種運行模式有何差異，我們感到好奇，繼續以下研究，期望能利用電磁鐵與線圈的原理製作簡易的火車穿越山洞的科學玩具。

方法：1、準備繞上 100 圈的銅線做為測試用的電磁火車線圈軌道 2 條，分別將四顆強力磁鐵吸附在電池兩端〈如圖 31〉。

2、將組裝好的電磁火車分別放進線圈軌道及兩並排線圈上，測量二者電壓變化，並記錄指針偏轉角度〈如圖〈32、33〉〉。

		
圖〈31〉測試用的電磁火車線圈軌道 2 條	圖〈32〉將四顆強力磁鐵吸附在電池兩端	圖〈33〉測量二者電壓變化，並記錄指針偏轉角度

發現：1、在線圈內運行的電磁火車本體會比在兩並排線圈上指針轉動角度更大，電壓更強。

2、依上述研究推論在線圈內所受磁場磁力較大。

伍、研究結果與討論

- 1、強力磁鐵會與線圈接觸並將電池中的電流導引到線圈上，使線圈產生感應磁場，磁場會與強力磁鐵(N 極)連接電池正極端產生斥力，並與電池負極端和電池後端強力磁鐵(N 極)產生吸引力，當兩者受到磁力方向一致，電聯車會緩慢往前振動。
- 2、電聯車的運動方向和電池正負極、強力磁鐵以及銅線圈的纏繞方向都有關係。
- 3、吸附在電池兩端的磁鐵，磁極必須互斥；若擺放異極相吸，則電磁火車無法在線圈中振動。
- 4、強力磁鐵必須與銅線圈持續保持接觸，以免電流斷路而無法產生感應磁場。
- 5、線圈數愈多，偏轉角度愈大，磁力愈強。線圈軌道在製作時，必須適當緊密；若是過於疏鬆，電磁火車容易卡住，阻礙前進。
- 6、電池兩端吸附的強力磁鐵越多，會增加磁場之間的作用力，使得電磁火車的振動幅度也隨之增加；電池串聯越多，電壓增加，也會增加磁場之間的作用力，但無法使電磁火車移動，探究其原因可能本體重量增加反而不利前進。
- 7、我們利用自製的金屬線圈，癩無法使電磁火車順暢移動，推斷其中誤差可能是線圈纏繞過程的緊密度不一致及內緣的平整度，這都未來持續研究需克服的問題。
- 8、利用電磁鐵與線圈的原理製作簡易電磁火車穿越山洞的科學玩具，雖不完全成功，但其中的實驗有趣又富含科學探究精神。

陸、參考資料

- 1、科學實驗王〈31〉電磁鐵與發電機—三采文化股份有限公司。